УДК 624.131.1

И.П.ИВАНОВ, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, spmi.hgig@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

I.P.IVANOV, *Dr. in geol. & min. sc., professor, spmi.hgig@mail.ru*
National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены инженерно-геологические и геоэкологические проблемы, возникающие при строительстве подземных сооружений, а также различные по характеру мероприятия по снижению технической нагрузки на окружающую среду. Особое внимание уделяется различным инженерно-геологическим факторам, оказывающим влияние на защищенность геологической среды. Подчеркнуто влияние гидрогеологических условий при проведении горных работ как открытым, так и подземным способами. Отмечается изменение природного ландшафта из-за образования техногенных понижений земной поверхности в результате предварительного осушения территории будущего строительства. Рассмотрены вопросы, связанные со складированием отходов горной и горно-перерабатывающей промышленности. Представлен концептуальный подход к использованию инженерно-геологической информации при решении экологических проблем.

***Ключевые слова*:** инженерная геология, геоэкологическая защита, нарушение ландшафта, подземные сооружения.

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL PRINCIPALS OF DEVELOPMENT ACTIVITIES FOR GEOLOGICAL ENVIRONMENT PROTECTION AT UNDERGROUND CONSTRUCTION

The engineering-geological and geo-ecological problems in the construction of underground structures are considered in the present paper. The different nature of the technical measures to reduce the environmental load are considered. This paper focuses on the various engineering-geological factors affecting the security of the geological environment. It is indicated the influence of hydrogeological conditions during mining operations both open pit and underground. It is noted change in the landscape associated with the formation of man-made depressions in the earth's surface a result of preliminary drainage area of future construction. The problems associated with waste storage of mining and processing industries are considered. A result of research presents a conceptual approach for the using of engineering-geological information to solve environmental problems.

Key words: engineering geology, environmental protection, violation of the landscape, underground construction.

Разработка мероприятий по охране геологической среды является весьма сложным процессом, который изучается и оценивается на базе геологической информации по мере ее получения и прогнозирования последствий взаимодействия подземных сооружений с геологической средой на основе инженерно-геологической информации [2]. Прежде всего, условно разделим мероприятия по охране среды соответственно их назначению на упреждающие, сопутствующие, рекультивационные и мониторинговые.

Упреждающие меры рекомендуется проводить до начала строительства. Это могут быть изменения в проекте, отклонения в масштабах и положения в пространстве и во времени (последовательности выполнения проекта), а также отказ от его выполнения. Эти мероприятия обосновываются на базе геологической и инженерно-геологической информации, полученной на предварительных стадиях разведочных работ или по инженерным аналогиям с другими подобными объектами.

Сопутствующие мероприятия выполняются в период строительства подземного сооружения и частично предусматриваются проектом или являются реакцией строителей на неожиданные нарушения устойчивости горных пород или на прилегающих территориях. В геологическом плане они могут быть вызваны недостаточной информацией по структурно-тектоническим и гидрогеологическим условиям, ошибками в оценке состояния и свойств горных пород от принятых в проекте решений, что сопровождается часто водными прорывами, которые наступили неожиданно по времени и месту проявления.

Рекультивационные мероприятия имеют разный характер и масштабы в зависимости от назначения подземного сооружения. Для подземных горных выработок эти мероприятия по времени их выполнения совпадают с окончанием срока службы подземных выработок и могут рассматриваться как ликвидационные с восстановлением геологической среды до состояния, позволяющего ее использование по новому назначению. Это можно наблюдать при закрытии нерентабельных угольных шахт в настоящее время. Что же касается подземных сооружений на транспорте или в городских условиях, то для них период рекультивации совпадает со временем их эксплуатации. На протяжении всей эксплуатации подобных сооружений необходимо заботиться об их устойчивости и ограничении наносимого ущерба геологической среде до пределов допустимых ее изменений. На этапе мониторинга на возвращенных прежним или новым хозяевам землях необходимо вести наблюдения (мониторинг) за развитием новых изменений на восстановленных земельных массивах.

Отмеченные выше особенности защиты окружающей среды лучше всего рассмотреть на примере результатов взаимодействия подземных сооружений с отдельными элементами инженерно-геологических условий или природной геологической среды.

Одним из самых чувствительных элементов инженерно-геологических условий является орогидрография местности. Этот элемент в горной практике известен как природные ландшафтные условия, а чувствительность их усиливается еще и тем, что эти условия наиболее доступны для наблюдения и сильнее отражаются для невооруженного глаза некомфортностью происходящих изменений при техногенном воздействии. В современной науке о земле и землепользовании ландшафт определяется как конкретная территория, обладающая однотипным рельефом и закономерным набором морфологических частей. Обычно выделяют несколько видов изменений ландшафтов под техногенным воздействием.

Существенное нарушение природного ландшафта происходит при открытом способе разработки полезных ископаемых, на долю которых приходится более 75 % объема горного производства. При добыче 1 млн т железной руды нарушается от 14 до 600 га, а при добыче угля от 2,6 до 43 га. Значительные площади изменяются и при подземном способе разработки месторождений. При добыче 1млн т угля шахтным способом нарушается до 4,4 га земли. Дальнейшее развитие горной промышленности ведет к значительным нарушениям ландшафта, причем на европейской части России нарушения достигают 65 % от всех нарушенных земель.

К природному ландшафту следует относить и поверхностные водные объекты (реки, озера, временные водные потоки), которые подвергаются техногенному воздействию по трем направлениям: загрязнение, корректировка русел, нерегулируемое водопользование. К чему сводится защита природного ландшафта при строительстве и эксплуатации подземных сооружений на уровне геологического ее обоснования? Здесь, по нашему опыту работы на объектах горного производства, могут быть предложены следующие меры:

- районирование изученной территории по степени чувствительности природного ландшафта к техногенному воздействию [3] на этапе предварительных исследованиях с целью выбора места заложения наиболее ответственных сооружений;
- определение видов и объемов наблюдений, дающих возможность вскрыть наиболее

существенные результаты взаимодействия инженерного сооружения (подземной выработки) с природным ландшафтом;

• уточнение прогнозов, выполненных во время инженерно-геологических изысканий;

• обоснование дополнительных мероприятий по минимизации вредного влияния техногенного воздействия.

Хотелось бы отметить еще одно изменение природного ландшафта, связанное с образованием техногенных понижений (оседаний) земной поверхности в результате предварительного осушения территории будущего строительства. В результате изменения естественного напряженного состояния происходит уплотнение пород, вышедших из-под влияния гидростатического давления. Посмотрим на эту ситуацию с помощью положений механики грунтов. В естественных условиях горизонтальная земная поверхность сформировалась под воздействием естественного напряженного состояния – влияния гравитационной составляющей

$$\sigma_Z = \gamma h - \gamma_в h_в,$$

где γ и $\gamma_в$ – соответственно удельным веса пород и воды; h – глубина рассматриваемого сечения в природном массиве; $h_в$ – высота столба воды между отметками на глубине h и водной поверхностью.

После снятия осушением уровня воды ($h_в = 0$) вертикальная составляющая напряжений возрастает на величину $\Delta\sigma_i = \gamma h_i - \gamma_в h_{вi}$, а линейная конечная осадка земной поверхности определяется как сумма осадок отдельных деформирующихся слоев мощностью Δh_i и модулем общих деформаций E_i при росте давления в слое $\Delta\sigma_i$:

$$S_к = \sum_1^n \Delta\sigma_i \Delta h_i / E_i,$$

Отметим, что в связи со значительно высокими величинами начальных градиентов уплотняющихся (глинистых) пород общая конечная осадка невысокая, а мульда оседания земной поверхности повторяет форму депрессионной водной воронки с радиусом, равным радиусу влияния дренажной системы. В связи с этим поверхность мульды оседания монотонная, без резких изломов и трещин разрывов. Прогнозные расчеты рассмотрены в специальной литературе [1, 4, 5].

Сложно обстоит дело со складированием отходов при строительстве горных сооружений (терриконы, отвалы), при добыче полезного ископаемого, при обогащении и флотации полезного ископаемого (хвостохранилища, шламохранилища, солеотвалы и др.). Возгорание полезных ископаемых и вмещающих пород существенно ухудшает экологическую обстановку в районах горных предприятий. Нагрев и возгорание сульфидной рудной массы наблюдается при разработке и складировании на Норильском и Талнахском месторождениях; при разработке северо-уральских бокситовых месторождений самовозгораются обрушающиеся сланцевые породы кровли; в Прибалтийском бассейне горючих сланцев наблюдается массовый характер самовозгорания кукерситов, на Эстонском месторождении фосфоритов горят диктионемовые сланцы, в угольных бассейнах страны – отвалы или терриконы. Отметим, что эти явления оказывают негативное влияние на технологию горных работ, на устойчивость складских сооружений, на загрязнение окружающей среды (водный и воздушный бассейны). Особенно опасными являются разложение и выщелачивание тяжелых металлов и токсичных элементов поверхностными и подземными водами [4].

Подземная гидросфера является особым объектом при изучении ее взаимодействия с подземными горными сооружениями. С одной стороны, подземные воды изучались в горной промышленности как фактор отрицательных влияний на горный процесс, на устойчивость подземных горных выработок, на безопасность ведения горных работ и т.д. Но с другой стороны, давно уже оцениваются последствия влияния горного производства на режим подземных вод и, в частности, на уменьшение их запасов, на снижение уровня и напора воды в водоносных горизонтах и на ухудшение качества подземных и вообще природных вод в горно-добывающих и горно-перерабатывающих районах.

Наконец, нам следует обратить внимание на защиту человеческой деятельности от осложняющего влияния на нее различных природных и техногенных процессов и явлений, которые развиваются и активизируются в горнодобывающих районах, и тем самым увеличивают чувствительность геологической среды к техногенному воздействию, в результате чего возрастает необходимость ее защиты от последствий как динамического (между двумя

средами), так и функционального (между элементами одной системы) взаимодействий [3]. В качестве примера приведем сейсмический район, в котором идет строительство и эксплуатация горных (или других) сооружении. Иногда оползневый природный склон подрабатывается горными работами или этот же склон является основанием для складирования отходов горного производства. И наконец, пораженный карстовым процессом массив карбонатных горных пород является средой для шахтного ствола или горизонтальных горных выработок. В таких сложных природных (или техногенных) условиях мы наблюдаем некоторую интерференцию различных изменений геологической среды.

Говоря о взаимодействии будущих подземных сооружений с геологической средой, надо отметить сложность проблемы защитных мероприятий, которые определяются зависимостью процесса собственно защиты от геологических процессов. Обычно геологические процессы традиционно рассматриваются как природные, происходящие без вмешательства человека, и как техногенно-природные, развивающиеся в природной обстановке (или активизирующиеся) под техногенным воздействием. И те и другие участвуют в оценке инженерно-геологических условий выбираемого или выбранного района строительства подземного сооружения. На этапе разработки проекта защита имеет широкий набор мероприятий, начиная с отказа от выбранного района до укрепительных сооружений, которые предохраняют район строительства от активизации существующих процессов (выветривания, гравитационных на склонах, оседания земной поверхности, карстовых и др.). При этом защита может быть предупредительной или инженерной, а по направленности – улучшающей свойства массива горных пород (дренажем, технической мелиорацией) или изменяющей напряженное состояние в нужном направлении.

На следующем этапе (корректировки проекта) в прогнозном варианте учитывается влияние нового строительства на активизацию существующих процессов и возможность возникновения новых природно-техногенных процессов и явлений. На этом основании рекомендуются соответствующие мероприятия инженерной защиты. Как правило, здесь будут преобладать конкретные защитные мероприятия на периоды строительства и эксплуатации подземного сооружения. Требования к работе защитных сооружений существенно возрастают в связи с тем, что как строительство, так и эксплуатация подземных сооружений предусматривают присутствие в них людей. Поэтому как временное, так и постоянное крепление подземных выработок и сооружений обосновывается в зависимости от геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий, а также данных наблюдений в период строительства.

Особое внимание надо обратить на условность проведения границы между выделенными нами двумя этапами. То, что эти два этапа существуют и по ним надо ориентировать обоснование защитных сооружений, сомневаться не приходится, но переход от оценок статической обстановки к прогнозам новых условий, возникающих под влиянием техногенного воздействия, оказывается главным как по времени, так и по выполнению намечаемых наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гальперин А.М.* Геомеханика открытых горных работ. М., 2003

2. *Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.* Геоэкологическая оценка территорий. М., 2005

3. *Иванов И.П.* Инженерно-геологические исследования в горном деле. Л., 1987

4. *Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г.* Изучение загрязнения подземных вод в горнодобывающих районах. Л., 1988.

5. *Фисенко Г.Л.* Предельное состояние горных пород вокруг выработок. М., 1976.

REFERENCES

1 *Galperin A.M.* Geomechanics of open pit mining. Moscow, 2003.

2. *Zaikanov V. G., Minakov T.B.* Geoecological assessment of territories. Moscow, 2005.

3. *Ivanov I.P.* Engineering-geological researches in mining. Leningrad, 1987.

4. *Mironenko V.A., Molskiy E.V., Rumynin V.G.* Research of underground waters pollution in mining areas. Leningrad, 1988.

5. *Fisenko G.L.* Limiting state of rocks round mine working. Moscow, 1976.