

УДК 624.131.1

ИЗУЧЕНИЕ, ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

В.Д.ЛОМТАДЗЕ

Влияние производственной деятельности человека на геологическую среду по своим масштабам, разнообразию и результатам достигает в настоящее время значений, соизмеримых с природными геологическими явлениями. Поэтому ее также приходится рассматривать как определенную группу геологических процессов. Деятельность человека противоречива, т.е. может быть и созидательной, и разрушительной; она часто нарушает природные равновесия, что вызывает изменения и разрушение геологической среды. В связи с этим возникает необходимость в постановке и решении проблемы рационального использования геологической среды и ее охраны не только от опасных естественных, природных геологических явлений, но и от явлений, возникающих в связи со строительством сооружений, выполнением инженерных работ и хозяйственным освоением территорий, т.е. техногенных. Какое разнообразие явлений связано даже с отдельными видами инженерной деятельности человека демонстрирует примерный перечень геологических явлений, возникающих при некоторых видах строительства и выполнении инженерных работ.

1. Геологические процессы и явления, возникающие при строительстве и эксплуатации промышленных и гражданских зданий и сооружений:

1. Осадки зданий и сооружений, иногда длительно развивавшиеся во времени.

2. Неравномерные осадки.

3. Просадки при строительстве на лёссовых, мерзлых, засоленных породах и песчаных рыхлого сложения.

4. Провалы при строительстве на закарстованных породах.

5. Значительные и неравномерные осадки и провалы при подработке территорий подземными выработками.

6. Нарушение устойчивости при развитии пластических деформаций в основании фундаментов.

7. Нарушение устойчивости в связи с изменением напряженного состояния горных пород в основании фундаментов при повышении уровня подземных вод.

8. Нарушение устойчивости в связи с изменением напряженного состояния горных пород в основании фундаментов при возведении сооружений в зоне влияния существующих.

9. Деформации, связанные с явлениями морозного пучения, набухания глинистых пород при увлажнении и разжижении песчаных пород.

10. Нарушения устойчивости при промораживании строительных котлованов, затоплении и других нарушениях правил строительства, вызывающие изменения физического состояния горных пород и их прочности.

11. Нарушение устойчивости и условий эксплуатации при подтоплении территорий и сооружений.

12. Потеря устойчивости и прочности пород при воздействии на них поверхностных и подземных вод и промышленных стоков различного химического состава и минерализации.

13. Осложнения при строительстве сооружений, связанные с притоками воды в строительные котлованы, переходом водовосных песчаных пород в плывающее состояние и развитием суффозионных явлений.

14. Истощение запасов — ресурсов подземных вод в связи с выполнением длительных дренажных работ и водопонижения.

15. Загрязнение, в том числе и радиоактивное, почв, поверхности земли, растений, поверхностных и подземных вод утечками и выбросами производственных стоков, газов и другими отходами производства.

16. Повреждения и разрушения при землетрясениях и других динамических воздействиях.

17. Нарушение устойчивости при развитии оползневых, суффозионных явлений и подмыве.

II. Геологические явления и процессы, возникающие при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений:

1. Осадки сооружений, иногда длительно развивавшиеся во времени.

2. Нарушения устойчивости сооружений в результате:

а) явлений сдвига и выдавливания горных пород;

б) фильтрационных явлений — суффозии, разжижения горных пород, выпора и прорыва, а также уменьшения эффективных напряжений;

в) проявления напряженного состояния горных пород, в том числе избыточного;

г) карстовых, просадочных, оползневых и других явлений;

д) деградации многолетней мерзлоты или прогрессирующего ее развития;

е) сейсмических явлений, в том числе связанных с созданием водохранилищ;

ж) размыва русел рек, подмыва берегов и других эрозионных явлений.

3. Потери воды на фильтрацию в основании сооружений и их примыканиях, а на участках водохранилищ — через водоразделы.

4. Затопление и подтопление территорий с сопутствующими явлениями.

5. Переработка берегов водохранилищ.

6. Развитие оползневых явлений в пределах водохранилищ (возобновление действия старых и появление новых).

7. Всплывание торфяников, могильников и заиливание водохранилищ.

8. Нарушение устойчивости подземных сооружений и безопасности производства горных работ в результате развития геологических явлений по контурам и забоям горных выработок и в геологическом пространстве, достигающем поверхности земли (в подзонах ближнего и дальнего влияния сооружений).

III. Геологические процессы и явления, возникающие при разработке месторождений твердых полезных ископаемых открытым способом:

1. Выветривание, разуплотнение и искусственное разрушение горных пород в бортах карьеров.

2. Обвалы, вывалы и осыпи на бортах карьеров.

3. Размыв и развешивание горных пород в откосах карьеров и отвалов.

4. Оползни на бортах карьеров и откосах отвалов.

5. Фильтрационные деформации.

6. Водопроявления.

7. Мерзлотные явления.

IV. Геологические процессы и явления, возникающие при разработке месторождений твердых полезных ископаемых подземным способом:

1. Выветривание, разуплотнение и искусственное разрушение горных пород по контурам выработок.

2. Расслаивание, зависание и обрушение горных пород в кровле, бортах и забоях выработок.

3. Вывалы и образование куполов и осыпей в кровле и бортах выработок.

4. Выдавливание (пучение горных пород в почве выработок).

5. Оползание горных пород в бортах выработок.

6. Отжим горных пород и угля.

7. Динамические явления (стреляние, толчки, горные удары).

8. Газодинамические явления (выбросы угля и газа).

9. Горное давление на крепи выработок, целики, защитные слои и другие элементы их конструкций.

10. Сдвигание горных пород и образование мульд сдвижения, заколов, трещин, провалов на поверхности земли; деформации и разрушения наземных сооружений, заболачивание и затопление территорий при их подработке.

11. Оседание поверхности земли, деформации и разрушения наземных сооружений; заболачивание и затопление территорий при длительной и значительной откачке воды, нефти и газа.

12. Фильтрационные деформации.

13. Внезапные прорывы воды и пливунов в горные выработки.

14. Прорывы глин в горные выработки.

15. Карстовые явления.

16. Водопроявления.

17. Мерзлотные явления.

В эпоху интенсивного индустриального освоения геологической среды в геологической жизни Земли действительно существенное значение приобретает техногенный энергетический фактор. Возникающие при этом геологические процессы действуют по поверхности земли и в приповерхностных горизонтах зем-

ной коры с различной напряженностью и проявляются в различных формах деформаций, разрушений, перемещений и сдвижений масс горных пород и соответственно в изменении геологического строения территорий, режима, запасов и качества подземных вод, рельефа местности, разрушении сооружений, сопровождаются катастрофами, а порой и человеческими жертвами. Эти процессы играют весьма существенную роль в оценке инженерно-геологических условий территорий, промышленной оценке месторождений полезных ископаемых, а также геологических условий строительства сооружений, организации строительных и горных работ и обеспечения безопасности их ведения. Следовательно, необходимо искать пути защиты территорий и сооружений от вредного и опасного влияния геологических явлений и расходовать для этого большие средства. Невозможно принимать оптимальные инженерные решения при проектировании сооружений в части выбора строительных участков, компоновки на них сооружений, выбора их конструкций, обеспечения устойчивости и т.д. и соответственно производить капитальные вложения в строительство без надежного инженерно-геологического обоснования проектов.

Здесь необходимо со всей силой подчеркнуть, что все виды техногенных процессов и явлений, возникающих при выполнении строительных и горных работ и других видов хозяйственного использования территорий, имеют главным образом геологическую природу. Они могут распространяться на все элементы инженерно-геологических условий территорий и захватывать как обширные области геологического пространства, так и более ограниченные: строительные площадки, их части или примыкающие к ним участки.

Возникновение и развитие всех техногенных геологических явлений обусловлено теми же противоречиями и несоответствиями в геологической среде, которые являются движущей силой развития природных геологических явлений. Их выделение базируется на тех же научных основах, что и анализ природных геологических явлений. Они указывают на нарушение равновесий и соответствий в системе сооружение — геологическая среда.

Нарушение предельных равновесий в этой системе происходит в результате преобладающего действия нарушающих сил: механических, физических, химических и др. Эти силы вызывают напряжения в горных породах, изменения гидравлических напоров в водоносных горизонтах, комплексах и зонах и соответственно деформации, разрушения, перемещения и движения масс горных пород и изменения режима подземных вод. При анализе техногенных процессов, как и природных, важно учитывать энергию явную и потенциальную, а во многих случаях живую силу масс горных пород и потоков воды, которая определяется относительными превышениями элементов рельефа поверхности земли, его уклонами, градиентами, энергией [2,7]. Разрушающая сила явлений пропорциональна массе горных пород или воды, их плотности и скорости движения. Последняя в рассматриваемом случае зависит от рельефа поверхности земли, существующего или создаваемого при строительстве высоты, с которой низвергаются массы горных пород или воды.

Неодинаковы скорость и повторяемость техногенных геологических явлений: одни проявляются быстро, внезапно, носят катастрофический характер,

другие развиваются медленно, с затухающей или прогрессирующей скоростью. Поэтому при изучении техногенных геологических явлений необходимо рассматривать не только их геологическую обусловленность, но также то, в чем проявляется и обнаруживается их сущность, механизм, физика и механика, но и закономерности их развития во времени, их динамику. Это позволит получить необходимую и достаточную информацию для применения или иных методов оценки и прогноза их угрожаемости и для разработки методов управления ими в нужном для человека направлении.

Инженерно-геологический анализ, т.е. последовательное рассмотрение влияния элементов инженерно-геологических условий на развитие техногенных явлений, показывает, что горные породы являются как бы "организующим" началом для них. Определенные виды геологических явлений парагенетически связаны с определенными группами горных пород, с особенностями их состава, строения, физического состояния и физико-механических свойств. Механизм процессов (вид, способ, характер деформаций, разрушений, перемещений и сдвижений масс горных пород и их составляющих) у разных их групп разный, так же как и типы подземных вод, с ними связанные. Поэтому при изучении техногенных геологических процессов главное внимание должно уделяться изучению горных пород, а также характеру и степени их обводнения.

Любопытно, что многие предвестники техногенных геологических явлений связаны именно с горными породами. Например, значительные осадки сооружений предопределяются показателями деформационных свойств горных пород; просадочные явления — в основном макропористостью и малой водостойкостью лессовых пород или льдистостью, либо засоленностью глинистых и песчаных пород, рыхлостью и неустойчивым сложением песков. Развитие оползневых явлений при прочих равных условиях (характер рельефа, геологическое строение и т.д.) обусловлено наличием неблагоприятно ориентированных поверхностей и зон ослабления в толщах пород, слагающих склоны и откосы, и малыми сопротивлениями по ним сдвигу. Подтопление территорий и сооружений в значительной степени связано с малой водопроницаемостью горных пород в приповерхностных горизонтах строительной площадки. К горным ударам в подземных горных выработках склоны участка, на которых горные породы имеют повышенную плотность и прочность, неводоносны и имеют высокое нормальное или избыточное естественное напряжение.

Изучение закономерностей развития техногенных явлений — это процесс получения новых знаний, необходимых для инженерно-геологического обоснования рационального использования территорий, организации строительных и горных работ, принятия оптимальных инженерных решений при проектировании сооружений и нормальных условий их эксплуатации.

В комплекс таких исследований должны быть включены следующие виды работ:

- 1) наблюдения, измерения и описание явлений;
- 2) инженерно-геологический анализ полученных материалов и объяснение установленных закономерностей или аномальных явлений;

- 3) оценка и прогноз их угрожаемости;
- 4) разработка предложений и рекомендаций по управлению неблагоприятными и опасными техногенными явлениями;
- 5) планирование дальнейших, более детальных инженерных изысканий.

Все эти работы должны выполняться на каждой стадии проектирования сооружений и инженерных работ и соответственно инженерных изысканий для инженерно-геологического обоснования их проектов.

Под оценкой мы понимаем сравнительную меру качества горных пород, инженерно-геологических условий, геологической среды; уровень интенсивности развития геологических явлений и их угрожаемости для устойчивости территорий, сооружений и нормальных условий их эксплуатации [3, 5].

Прогноз — это научно обоснованное предположение о состоянии и свойствах горных пород, территорий, процессов, явлений, сооружений, о перспективах развития и изменений процессов, явлений, геологической среды в целом или отдельных ее элементов.

Следовательно, оценка характеризует, главным образом, современное состояние элементов инженерно-геологических условий, а прогноз — предполагаемое их состояние на каком-либо участке или глубине, или во времени в связи с их изменениями под влиянием естественных или искусственных факторов. В инженерной геологии оценка часто содержит элемент прогноза. Например, вывод о том, что инженерно-геологические условия благоприятны, оползень устойчив и т.д., предполагает, что эта оценка относится не только к настоящему времени, но и к будущему.

Каждая оценка и прогноз должны содержать следующие данные: вид техногенных или природных явлений; место или район их возможного или существующего распространения; масштаб явлений — размеры нарушенной территории, объемы масс горных пород; степень интенсивности — активность изменений их устойчивости, развития явлений и т.д.; время возможного возникновения явлений.

Прогноз времени возникновения явлений в инженерной геологии имеет свою специфику, он предупреждает о необходимости усиления контроля за развитием тех или иных явлений, выполнения определенных мероприятий, соблюдения осторожности при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений и выполнении инженерных работ, при выборе строительной площадки, допустимых нагрузок, конструкций сооружений, организации строительных и горных работ и др. При этом прогноз времени явлений не может быть определен точной датой или часом, он должен содержать указания о вероятном периоде возникновения или активизации явлений (например, в период половодий и паводков, летних интенсивных дождей, при подрезке склона, определенной подработке территории, продвижении забоя горной выработки) или о возможной площади разрушения территории или ее подтопления через год, через 10 лет и т.д. Такой прогноз времени явлений вполне достаточен, он предупреждает об опасных деформациях, возможных авариях, нарушениях нормальной эксплуатации сооружений и т.д.

Таким образом, каждая оценка и прогноз должны быть направлены на решение определенных задач и в строгой последовательности отвечать на следующие вопросы: что прогнозируется, какие явления, где находится участок распространения явлений или возможного их образования, какова значимость явления, его масштаб для инженерно-геологической оценки рассматриваемой территории и вероятное время возникновения явления, его активизации и развития. Если какое-либо из этих положений не учитывается, оценка и прогноз утрачивают конкретность и инженерный смысл.

Существуют десятки и сотни видов и методов оценок и прогнозов. Не останавливаясь на их перечислении, обратим внимание на то, что в инженерной геологии целесообразно различать три вида оценок и прогнозов: региональные, локальные и оперативные. Не характеризуя здесь каждый из этих видов оценок и прогнозов [5], отметим только, что все они имеют значение и при изучении техногенных геологических явлений, но особенно большое значение в этих случаях имеют оценки и прогнозы оперативные. Их составляют для установления фактического состояния конкретного участка на определенный момент или промежуток времени. Они должны обеспечивать надежный контроль за безопасностью строительных или горных работ, устойчивостью сооружений и достаточность выполненных для этого мероприятий. Эти оценки и прогнозы составляют в период строительства, при производстве инженерных и горных работ, при эксплуатации сооружений и территорий по материалам непрерывных или частых обследований и документации котлованов, горных выработок и других режимных наблюдений, измерений и специальных опытных работ.

Оперативные оценки и прогнозы могут быть как качественными, так и количественными. Они должны характеризовать текущее состояние безопасности или возможное ее изменение. Такие оценки и прогнозы требуют постоянно не только новой информации, получаемой в процессе производства строительных, горных и эксплуатационных работ, но также и исчерпывающего знания инженерно-геологических условий рассматриваемого участка и закономерностей возможных их пространственных изменений.

Инженерно-геологические условия территорий и образующие их природные элементы (рельеф, геологическое строение, подземные воды и др.) взаимосвязаны и взаимообусловлены их геологической историей, главным образом в новейшую и современную геологическую эпоху. Они проявляются как единое целое, отражая строительные качества территорий, геологической среды, горных пород и др. Оценка этого единого целого, как и прогноз его изменения, может учитывать совместное влияние всех элементов или влияние одного или нескольких доминирующих элементов.

При оценке и прогнозе техногенных геологических явлений важно полно учитывать характер, интенсивность и вид воздействий сооружений и инженерных работ, строительных и горно-технических условий на геологическую среду. Эти воздействия могут быть механическими, физическими, химическими и др.; постоянными, периодическими; статическими или динамическими; возрастающими или ослабевающими, непосредственными или опосредованными. Например, инфильтрация промышленных стоков в горные породы вызывает изменения их физ-

ческого состояния и свойств (размокание, размягчение, набухание, изменения физико-химической активности в связи с изменением емкости поглощения и состава поглощенного комплекса и др.), а это в свою очередь вызывает осадки сооружений, потерю их устойчивости и др.

Следовательно, выявление геологической обстановки территории и особенностей действия сооружений и тех или иных предвестников возможных техногенных геологических явлений — одна из важнейших задач их изучения.

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 [1,4]. Одни из этих взаимодействий вызывают изменения неизбежные, их планируют и проектируют в связи с необходимостью строительства и освоения территорий. Другие, непреднамеренные, происходят при нарушении природных равновесий и соответствий в геологической среде, возникновении и развитии геологических явлений как естественных, так и техногенных. 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 полного или частичного выполнения строительных работ, отработки месторождений полезных ископаемых и др. производят рекультивацию земель.

Методы оценки, прогноза и управления конкретными геологическими явлениями разнообразны, достаточно известны и многие из них хорошо апробированы [2-4].

При решении практических задач уже при проектировании сооружений и освоении территорий должны составляться оценки и прогнозы возможных негативных изменений геологической среды и намечаться планы их защиты [6,8]. В последующем такие оценки, прогнозы и планы должны уточняться при выполнении строительных, горных и других инженерных работ.

В настоящее время техногенные воздействия человека на геологическую среду, особенно в промышленных районах, достигают угрожающих размеров. Эту проблему стали считать экологической как проблему взаимодействия человека, общества и природы. Однако рассматривая общие закономерности такого взаимодействия, необходимо ясно представлять себе, что рациональное использование геологической среды и ее охрана — это проблемы и вопросы инженерной геологии, связанные с возникновением и развитием природных и техногенных геологических явлений. Их практическое решение требует инженерно-геологического обоснования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ломтадзе В.Д. Введение в инженерную геологию: Учеб. пособие / Ленинградский горный ин-т. Л., 1986.
2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977.

3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1986.

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

5. Ломтадзе В.Д. Инженерно-геологический анализ, оценка и прогноз при инженерных изысканиях // Инженерная геология, 1983, № 4.

6. Ломтадзе В.Д. Оценка и прогноз изменений геологической среды под влиянием горно-добывающих предприятий // Записки Ленинградского горного ин-та. 1986, Т. 109.

7. Ломтадзе В.Д. Теоретические основы инженерной геодинамики // Инженерная геология, 1987, № 1.

8. Проблемы инженерной геологии в связи с рациональным использованием геологической среды / Материалы Всесоюзной конференции. Тема 1 / Ленинградский горный ин-т. Л., 1976.