Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXXII, 1981 г.

УДК 624.131.1

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ЕЕ РАЗВИТИЕ И ЗАДАЧИ

В.Д.ЛОМТАДЗЕ

Инженерной геологии пятьдесят лет

Инженерная геология - одна из наиболее молодых наук о Земле. Как самостоятельная область геологических знаний она начала оформляться в 1929 г., когда вместо Отдела подземных вод Геологического Комитета был учрежден Центральный институт гидрогеологии и инженерной геологии. В нем наряду с другими отделами был создан отдел инженерной геологии. Позже инженерная геология успешно развивалась также в других ведомствах и организациях.

Широкое развитие инженерно-геологических исследований потребовало подготовки кадров, способных их выполнять на высоком научном уровне и разрабатывать теоретические и методические вопросы, и в ряде вузов были организованы специальные отделения и кафедры, в учебном 1929/30 г. в Ленинградском горном институте, а затем в Московском геологоразведочном и Томском политехническом.

Следовательно, в 1979 г. исполнилось 50 лет официального оформления инженерной геологии как самостоятельной геологической науки, 50 лет со времени открытия специальностей и кафедр в высших учебных заведениях, которые обеспечивают подготовку инженерных кадров для растущих нужд народного хозяйства страны.

За этот сравнительно короткий срок существенно менялись и содержание, и методы инженерно-геологических исследований. Но основные ее направления, определенные Ф.П.Саваренским и его коллегами и учениками: Г.Н.Каменским [1], И.В.Поповым [8], Б.А.Приклонским, Н.В.Коломенским - продолжают развиваться. Основоположником инженерной геологии является Ф.П.Саваренский (1881-1946) - первый в истории этой науки действительный член Академии наук СССР.

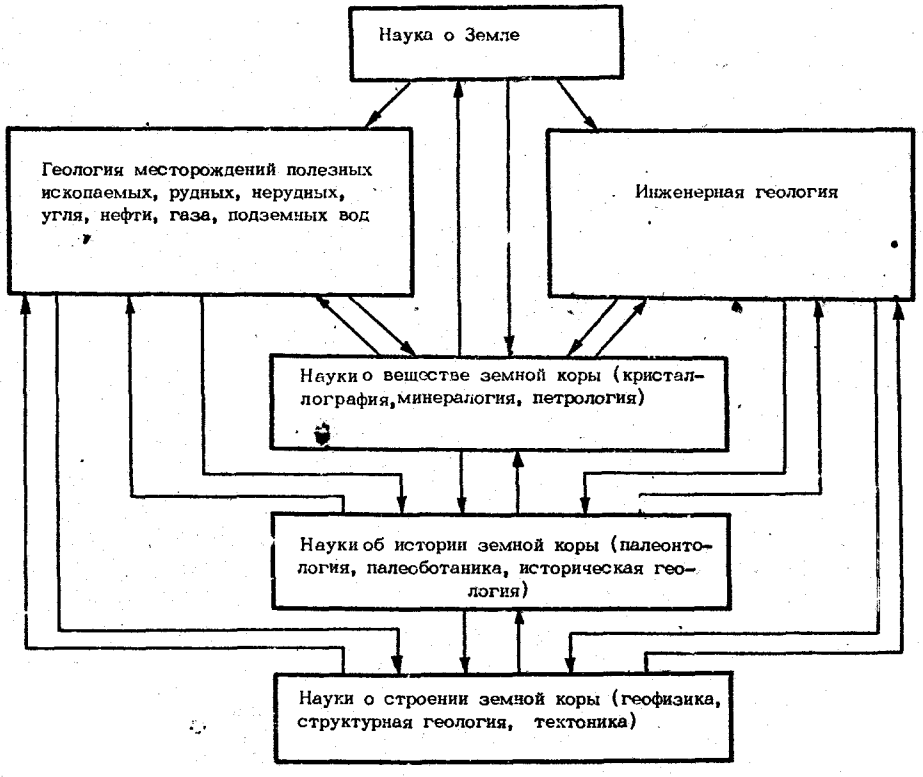
Содержание, задачи и методы инженерной геологии и ее положение в науке о Земле

При становлении инженерной геологии Ф.П.Саваренский дал ясное и четкое ее определение: «Инженерная геология является отраслью геологии, трактующей вопросы приложения геологии к инженерному строительному делу" [9, с.5-6].

В настоящее время инженерная геология занимает определенное положение в науке о Земле и, как видно из схемы, является одной из двух главных ее составляющих. И действительно, любые геологические исследования на суше или на море всегда направлены на решение одной из двух основных задач: 1) выявление, разведка и промышленная оценка месторождений полезных ископаемых; 2) изучение и оценка геологических условий строительства различных сооружений, рациональное использование геологической среды и ее охраны в связи с развитием геологических процессов и явлений. Других задач у науки о Земле нет. Исследованием, разработкой и решением всех научных и практических проблем и вопросов, связанных со второй задачей, и занимается инженерная геология.

Заметим, что уже теперь на отдельных территориях СССР, как и во многих странах Западной Европы и Америки, геологические исследования все чаще связаны именно с решением инженерно-геологических задач, так как

ПОЛОЖЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК



выявление и промышленная оценка месторождений полезных ископаемых на этих территориях (на данном уровне развития науки и техники) уже завершены. Необходимо ясно представлять, что в развитии геологических работ в будущем все больше и больше будет сохраняться такая тенденция.

Из схемы видно, что обе главные составляющие науки о Земле развиваются на базе других фундаментальных геологических наук о веществе земной коры, ее истории и строении и, наоборот, геология месторождений полезных ископаемых и инженерная геология постоянно содействуют развитию этих наук своими открытиями и исследованиями минералов и минеральных образований, изучением свойств горных пород и условий их формирования, закономерностей развития геологических процессов и явлений.

Теперь инженерную геологию следует определять как науку о формировании инженерно-геологических условий территорий, геологических условиях строительства сооружений, рациональном использовании геологической среды и ее охране в связи с развитием геологических процессов и явлений. Необходимо особо подчеркнуть, что инженерная геология - это в первую очередь наука о геологических условиях строительства сооружений и выполнения инженерных работ, это главный ее предмет, для этого изучают условия формирования инженерно-геологических условий территорий, прогнозируют их изменения и решают вопросы рационального использования геологической среды и ее охраны в связи с развитием геологических процессов и явлений.

Итак, объектом исследований инженерной геологии, как и всех других геологических наук, является литосфера, земная кора, т.е. геологическая среда, а ее предметом - геологические условия строительства сооружений и соответственно рациональное использование геологической среды и ее охрана. Настоящая инженерная геология начинается именно там, где решаются такие геологические проблемы, вопросы и задачи. Таким образом четко определяются предмет инженерной геологии, ее содержание и задачи.

Ведущие научные проблемы инженерной геологии, связанные с изучением геологических условий строительства сооружений и рациональным использованием геологической среды, - это проблемы формирования инженерно-геологических условий территорий, физико-механических свойств горных пород, возникновения и развития как естественных геологических процессов и явлений, так и возникающих в связи со строительством сооружений, выполнением горных работ и хозяйственным освоением территорий; это проблемы, связанные с изучением закономерностей распределения неоднородности и изменчивости инженерно-геологических условий территорий - организации геологического пространства, прогноза и управления геологическими процессами и явлениями в нужном для человека направлении.

Для решения научных, методических и производственных проблем и вопросов инженерная геология, в отличие от других геологических наук, широко использует методы геологический (естественно-исторического анализа), геологического подобия, экспериментальный, моделирования, вероятностно-статистический и расчетно-теоретический.

В последние годы важной стала проблема оптимизации системы инженерно-геологических исследований (изысканий) в целом и отдельных ее состав-

ляющих, повышения их рациональности, информативности и эффективности. Повышение эффективности исследований способствует повышению экономической эффективности проектирования и строительства сооружений и рационального использования геологической среды. Чтобы эффективно вести исследования, надо уметь их планировать и управлять ими. В связи с этим возникла необходимость использования в инженерной геологии методов кибернетики.

Таким образом, для решения научных и практических задач в инженерной геологии пользуются комплексом методов в определенном их сочетании и соподчинении на разных стадиях и этапах исследований, причем основным всегда является геологический. Каждый из других в той или иной мере дополняет его, позволяет повышать представительность, точность, достоверность геологических результатов и доводить их до количественной оценки.

Научные направления - разделы инженерной геологии

Основными разделами инженерной геологии, е главными сложившимися научными направлениями являются инженерная петрология, инженерная геодинамика, региональная инженерная геология, специальная инженерная геология и инженерная геология месторождений полезных ископаемых. В результате специализации и дифференциации науки возникают новые направления: мелиоративная инженерная геология, инженерная сейсмология, инженерное мерзлотоведение и др. Появление и развитие новых научных направлений, широта и сложность проблем, к решению которых привлекается инженерная геология, - характерная особенность ее современного состояния.

И н ж е н е р н а я п е т р о л о г и я - раздел инженерной геологии, занимающийся изучением горных пород в инженерном аспекте. Основные его задачи следующие: I) изучение природы физико-механических свойств различных генетических и петрографических типов горных пород и закономерностей пространственного изменения этих свойств; 2) разработка теоретических основ прогноза физико-механических свойств горных пород на различных участках и горизонтах земной коры, методов их полевых и лабораторных исследований и искусственного улучшения и преобразования [2].

Научной основой инженерной петрологии служит теория формирования физико-механических свойств горных пород, т.е. процессов, обусловивших их физическое состояние и свойства во время образования и последующего существования в земной коре, а также изменения свойств горных пород под влиянием строящихся сооружений и разнообразных инженерных работ. Все это требует изучать горные породы на разных уровнях: молекулярном, микроструктурном и макроструктурном, и при изучении и оценке одних групп пород использовать теоретические положения физики твердого тела, а других - законы физической и коллоидной химии, касающиеся дисперсных систем.

Этот раздел инженерной геологии еще и теперь называют грунтоведением, т.е. учением о грунтах. Грунт в буквальном переводе с немецкого „grund" обозначает основание. Этот термин негеологический, неопределенный, не являющийся синонимом термина горная порода. Большинство исследователей и практиков строительного и горного профилей грунтами называют рыхлые несвязные (песчаные) и мягкие связные (глинистые) породы, которые представ-

ляют собой как бы природные дисперсные системы. В почвоведении грунтами называют подпочвенные горизонты зоны выветривания горных пород. Магматические, метаморфические и осадочные сцементированные образования земной коры в строительной практике, в горном деле, как и во всех геологических науках, называют горными породами. В соответствии с таким использованием в науке и на практике терминов „грунт" и „горная порода" существуют международные ассоциации по механике грунтов и фундаментостроению и по механике горных пород.

Следовательно, грунт - это прикладной технический термин свободного пользования для обозначения преимущественно рыхлых горных пород, подпочвенных горизонтов. Попытки распространить его для обозначения любых горных пород не получили признания ни в нашей стране, ни за рубежом.

В инженерной геологии необходимо строго придерживаться геологической терминологии и отчетливо понимать, что горные породы являются важнейшим элементом инженерно-геологических условий территорий, геологической среды. Они в основном определяют рельеф поверхности Земли, геологическое строение территорий, развитие геологических процессов и явлений, распространение подземных вод и месторождений полезных ископаемых. В то же время горные породы служат естественным основанием, средой и строительным материалом для различных сооружений.

Поэтому раздел (научное направление) инженерной геологии, занимающийся дальнейшим геологическим - петрологическим изучением горных пород в инженерном аспекте, правильнее называть инженерной петрологией. Грунтоведение, выделившееся из почвоведения, в какой-то мере является исторической основой для той части инженерной петрологии, которая рассматривает свойства рыхлых горных пород.

И н ж е н е р н а я г е о д и н а м и к а изучает закономерности распространения разнообразных, главным образом экзогенных и некоторых эндогенных геологических процессов и явлений по поверхности Земли и в верхних горизонтах земной коры; закономерности возникновения геологических процессов и явлений, связанных с инженерной и хозяйственной деятельностью человека; динамику развития различных геологических процессов и явлений, формы их проявления и обусловленность разнообразными природными (естественными) и искусственными факторами.

В ее задачи входит качественная и количественная оценка возможного влияния геологических процессов и явлений на устойчивость территорий, сооружений и условия их эксплуатации; разработка теоретических основ прогноза угрожаемости геологических процессов и явлений, и в том числе стихийных, с целью управления их развитием, их локализации, предупреждения возникновения или защиты от их вредного влияния; и разработка методики инженерно-геологических исследований для обоснования защитных инженерных мероприятий [5].

Геологические процессы и явления возникают при наличии определенных несоответствий и противоречий в геологической среде. Поэтому теоретической основой инженерной геодинамики являются законы связей между процессами и явлениями, существующие в объективном мире, или, конкретнее, за-

коны предельных равновесий, предельных соответствий, например, соответствия минерального состава и строения горных пород геохимическим и термодинамическим условиям окружающей их среды; устойчивости горных пород на склонах и в откосах – величине действующих сдвигающих и скалывающих усилий по поверхностям и зонам ослабления. Эти законы и предполагают естественную неизбежность возникновения и развития геологических процессов и явлений при нарушении предельных равновесий, определенных соответствий.

Экзогенные геологические процессы являются результатом взаимодействия геологической среды с атмосферой, гидросферой и биосферой, эндогенные – результатом взаимодействия внутренних частей Земли с ее внешней оболочкой. Неразрывное взаимодействие экзогенных и эндогенных процессов и проявляется в формировании геологических – инженерно-геологических условий территорий. Геологические процессы составляют сущность геологической жизни Земли, они указывают на постоянно возникающие нарушения равновесий и соответствий в материальной энергетической системе Земли. Здесь важно особо подчеркнуть, что в наше время, в эпоху интенсивного индустриального освоения геологической среды, в геологической жизни Земли существенное значение приобрел техногенный энергетический фактор, т.е. геологические процессы, возникающие при воздействии на геологическую среду сооружений и инженерных работ. Такие искусственные геологические процессы действуют длительное время, а скорости их развития часто больше скорости развития природных геологических процессов и иногда достигают катастрофических значений.

Р е г и о н а л ь н а я и н ж е н е р н а я г е о л о г и я изучает инженерно-геологические условия отдельных регионов, областей и районов СССР на основе обобщения имеющихся материалов и постановки специальных исследований. Такое комплексное геологическое изучение той или иной территории обычно направлено на решение задач, связанных с рациональным использованием территорий и их охраной в связи с возможным развитием геологических процессов и явлений; планированием размещения различных видов строительства, горных работ для разработки месторождений полезных ископаемых и другого хозяйственного использования территорий; составлением региональных прогнозов изменений инженерно-геологических условий при освоении территорий и разработкой правил, норм, технических и методических указаний на производство инженерных изысканий, строительство сооружений и другие инженерные работы в том или ином районе; планированием производства более детальных инженерных изысканий на отдельных участках для обоснования проектов сооружений и производства инженерных работ.

Региональное инженерно-геологическое изучение территорий, обязательно сопровождающееся составлением соответствующих карт, по существу является дальнейшим геологическим их изучением в инженерном аспекте, так как общее геологическое изучение их с той или иной степенью детальности уже выполнено.

Научной основой региональной инженерной геологии является геологическая история того или иного региона, области или района в новейшее и современное геологическое время, определившая формирование и неоднородность

их инженерно-геологических условий. Ведущими в этом процессе являются новейшие и современные тектонические движения, развивающиеся в пределах более древних (унаследованных) геологических структур или на их фоне, обуславливающие современный рельеф поверхности, его энергию, градиенты, уклоны; развитие геологических процессов и явлений; распространение различных групп горных пород в приповерхностных горизонтах земной коры, условия их залегания, вещественный состав, физическое состояние и свойства; распространение, условия залегания, запасы и ресурсы подземных вод и т.д.

Поэтому при региональных исследованиях необходимо выявлять и изучать неоднородность территорий и по признакам сходства и различия выделять отдельные однородные участки с определенными рельефом, геологическими образованиями, процессами и явлениями; оценивать геологические условия строительства на них сооружений; получать материалы, позволяющие рационально использовать геологическую среду и разрабатывать способы ее охраны.

Каждая территория должна рассматриваться как сложный комплекс элементов, определяющих инженерно-геологические условия. Важно учитывать, что закономерности, управляющие формированием инженерно-геологических условий территорий в целом, качественно отличны от закономерностей формирования отдельных элементов, их составляющих.

Для последовательного изучения и выделения ведущих, определяющих элементов инженерно-геологических условий необходим системный подход к региональным исследованиям, который позволяет выделить главное, характерное, типичное для той или иной территории или отдельных ее частей и типизировать их. Выявление закономерностей, раскрывающих строение геологической среды, отдельные этапы ее развития и взаимосвязи ее элементов, сформировавшихся главным образом в новейшее и современное геологическое время, закономерностей распределения неоднородности инженерно-геологических условий территорий, надо считать ведущим в системе региональных инженерно-геологических исследований.

С п е ц и а л ь н а я и н ж е н е р н а я г е о л о г и я является главной составной частью инженерной геологии. Ее основной задачей является изучение геологических условий строительства различных сооружений на суше, в береговой зоне и на шельфе морей и океанов [4].

Изучить геологические условия строительства того или иного сооружения значит изучить и оценить геологические условия мест возможного расположения сооружений и инженерных работ и выбрать лучшее из них; обосновать расположение сооружений на избранном месте; определить глубину их врезки в толщи горных пород; оценить состояние и свойства горных пород и параметры подземных вод; установить исходные расчетные данные и схемы расчетов; дать оценку и прогноз устойчивости сооружений, развития геологических процессов и явлений, устойчивости территорий, а также обосновать необходимые инженерные мероприятия, обеспечивающие нормальные условия эксплуатации сооружений, территорий и геологической среды.

Изучение геологических условий строительства сооружений предполагает исследование сложной бинарной системы – взаимодействия геологической среды, инженерно-геологических условий с сооружениями и производством ин-

женерных работ. Эти взаимодействия проявляются в установлении или нарушении равновесий, соответствий в геологической среде, сохранности и устойчивости территорий и сооружений и сказываются на безопасности жизни и деятельности человека.

Таким образом, специальная инженерная геология должна изучать функции, законы, процессы бинарной системы (инженерно-геологические условия – сооружения, инженерные работы) и разрабатывать научные основы управления ею как в целом, так и отдельными ее составляющими. Поэтому именно в специальной инженерной геологии возникает необходимость синтезировать всю систему геологических знаний и смежных областей (механика горных пород, динамика подземных вод и др.).

Нормальное существование системы обусловлено множеством взаимосвязанных элементов инженерно-геологических условий: характером рельефа, геологическим строением, условиями залегания горных пород, их тектонической нарушенностью, трещиноватостью, напряженностью и соответственно физическим состоянием и свойствами, их обводненностью, развитием геологических процессов и явлений и др. На устойчивость такой системы могут влиять также геологические процессы и явления, возникающие под действием на геологическую среду сооружений, инженерных работ и технологических процессов.

Следовательно, изучение геологических условий строительства сооружений и производства инженерных работ имеет большое научное и практическое значение. Оно должно основываться на анализе условий сохранения равновесий и соответствий в геологической среде, причин возможного возникновения и развития геологических процессов, на выполнении экспериментов, моделировании и вероятностно-статистической обработке результатов наблюдений и измерений, на инженерных расчетах, теоретических обобщениях и составлении прогнозов и рекомендаций по управлению геологическими процессами и явлениями в нужном человеку направлении.

Поэтому в специальной инженерной геологии рассматриваются геологические условия строительства сооружений, общие и отдельных групп сооружений и разнообразных инженерных работ, потому что в бинарной системе они действуют – функционируют по-разному.

Современное состояние развития науки и техники позволяет возводить сооружения практически в любых инженерно-геологических условиях. Однако решение инженерных задач всегда должно быть технически и экономически целесообразным.

В зависимости от стадии инженерных изысканий оценка и прогноз геологических условий строительства сооружений и производства инженерных работ могут быть качественными (описательными, сравнительными) или количественными. Именно количественной оценкой и прогнозом должно завершаться изучение инженерно-геологических условий.

В специальной инженерной геологии рассматриваются также принципы рациональной организации и методики инженерных изысканий на всех стадиях проектирования сооружений и освоения территорий. Эти изыскания в большинстве случаев являются комплексными научно-производственными исследованиями, в которых теоретические разработки сочетаются с опытом инженерных изысканий, строительства сооружений и их эксплуатации.

Теоретической основой специальной инженерной геологии в значительной степени являются инженерная петрология, инженерная геодинамика, региональная инженерная геология и, наконец, законы инженерной геологии, которые можно сформулировать следующим образом:

1. Использовать территории, строить сооружения и производить инженерные работы необходимо в соответствии с существующими геологическими условиями - организацией геологического пространства (закон геологического соответствия).

2. Инженерная деятельность человека должна основываться на знании законов и закономерностей развития геологических процессов и явлений (закон учета динамики земной коры).

3. Инженерные изыскания при проектировании сооружений и использовании геологической среды должны обеспечивать выбор самых оптимальных инженерных решений и гарантировать строительство и выполнение инженерных работ от всяких геологических неожиданностей (закон детальности изучения геологической среды).

Возможность формулирования этих положений - законов инженерной геологии отражает также современное состояние ее развития.

Заметим, что часто допускают ошибку, когда не выделяют специальную инженерную геологию как раздел инженерной геологии, как ее научное направление или называют ее „Методикой инженерно-геологических исследований". Это не соответствует содержанию и задачам инженерной геологии в целом, лишает ее самостоятельности. Необходимо ясно представлять, что ее разделы: инженерная петрология - о природе свойств горных пород, инженерная геодинамика - об условиях развития геологических процессов и явлений, региональная инженерная геология - о формировании инженерно-геологических условий территорий - это основа для решения главных задач инженерной геологии.

Методы и методики соответствующих исследований рассматриваются в каждом разделе, но не они определяют их главное содержание, хотя и являются важным средством для получения информации о свойствах горных пород, геологических процессах, об инженерно-геологических условиях территорий. Специальная инженерная геология как самостоятельный раздел инженерной геологии занимает в ней такое же место, как учение о месторождениях полезных ископаемых в цикле геологических наук, как физиология в медицине.

Инженерная геология, являясь областью геологических знаний, развивается в тесном соприкосновении с техническими науками, строительными и горными, так как решает геологические задачи в инженерном аспекте. Поэтому в специальной инженерной геологии широко используются положения и методы механики горных пород, динамики подземных вод, инженерных сооружений и других наук.

Задачи, вопросы и проблемы, решаемые специальной инженерной геологией, тесно связаны с охраной окружающей среды в целом. Невозможно представить себе окружающую нас природную среду и мероприятия по ее охране вне связи с геологической средой. Поэтому во всех разделах инженерной геологии, особенно в геодинамике и специальной, уделяется большое внимание и этим вопросам.

Инженерная геология месторождений полезных ископаемых является одним из новых, успешно развивающихся научных направлений инженерной геологии. В область исследований этого направления входит широкий круг геологических вопросов и практических задач, возникающих при освоении различных месторождений полезных ископаемых [ ].

Инженерно-геологическое изучение месторождений полезных ископаемых должно давать геологические материалы для их промышленной оценки, обоснования способов вскрытия и системы разработки, конструкции карьеров и подземных выработок, проектов организации производства строительных и горных работ, оценки устойчивости горных пород в откосах уступов и бортах карьеров, в подземных выработках и отвалах.

При строительстве шахт и карьеров равновесие, в котором находятся горные породы в условиях естественного залегания, может нарушаться. В результате получают развитие геологические процессы и явления, реализующиеся в сдвижении и перемещении масс горных пород различных объемов от нескольких кубических метров до тысяч, десятков и даже сотен тысяч. Неодинаковы скорость и повторяемость таких деформаций. Часть их проявляется быстро, внезапно, носит катастрофический характер, другие развиваются медленно, с затухающей или прогрессирующей скоростью.

Геологические процессы и явления в подземных выработках и карьерах проявляются также в различных видах водопроявлений, фильтрационных деформаций и явлений мерзлотного комплекса в районах распространения многолетней мерзлоты (сплывы, оползни, термокарстовые явления, морозное пучение, наледные явления и др.). С фильтрационными деформациями и явлениями мерзлотного комплекса также связаны перемещения масс горных пород.

Природа и механизм различных видов сдвижений и перемещений масс горных пород в подземных выработках и в откосах карьеров часто весьма сложны. Под механизмом сдвижений и перемещений мы понимаем характер, способ, вид движения масс горных пород под влиянием действующих на них сил, движение отдельных или подвижно соединенных между собой объемов масс горных пород или вязкое их течение под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления и других сил . Механизм движения масс горных пород определяет вид геологического процесса и явления. Сдвижение и перемещение масс горных пород – процессы противоречивые, так как соотношения усилий, вызывающих и тормозящих деформации, непрерывно меняются в результате возникающих при перестройке сложения горных пород и их движения сопротивлений.

Изучение природы и механизма различных видов сдвижений и смещений горных пород, закономерностей их развития, разработка методов прогноза устойчивости горных пород в шахтах и карьерах обеспечивает правильный выбор защитных мероприятий для локализации распространения деформаций горных пород, предупреждения их развития и защиты от их вредного влияния.

Строительство горных предприятий и выполнение горно-эксплуатационных работ постоянно вызывают изменения окружающей среды (рельефа поверхности

земли, сохранности территорий и сооружений, загрязнение водоемов, рек и подземных вод и др.). Поэтому оценка и прогноз изменений инженерно-геологических условий территорий, разработка мероприятий по рациональному использованию их и охране от вредных последствий горного производства, геологическое обоснование проектов по их рекультивации также являются важными проблемами инженерной геологии месторождений полезных ископаемых.

К ним относится также широкий круг геологических вопросов, связанных с рациональным размещением отвалов и гидроотвалов пустых пород, оценкой и прогнозом их устойчивости и защитой прилегающих территорий от их вредного влияния, а также вопросы о возможности использования горных выработок на отработанных месторождениях или отдельных их участках для объектов различного назначения.

Задачей инженерной геологии месторождений полезных ископаемых является также разработка принципов и методики рациональной организации инженерно-геологических исследований на всех стадиях разведки месторождений и при их разработке.

Разнообразные геологические вопросы, связанные с освоением месторождений полезных ископаемых, являются инженерно-геологическими, поскольку их изучают в инженерном аспекте, а прогноз изменений геологических условий производят в связи со строительством сооружений особого типа (шахт, карьеров) и выполнения инженерных (горных) работ. Инженерно-геологические исследования в зависимости от стадии освоения месторождений ведут в районах месторождений, на их участках, шахтных и карьерных полях или их частях и, наконец, в шахтах и карьерах.

Проектирование разработки месторождений полезных ископаемых предъявляет высокие требования к инженерной геологии. Развитие горных работ на все больших и больших глубинах, открытие и разработка ряда месторождений в сложных геологических условиях, подработка подземными выработками застроенных территорий, а в некоторых случаях территорий, занятых водоемами, и особенно широкое применение открытого способа разработки месторождений вызвали необходимость изменить отношение к изучению инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых. Кроме того, современная теория и методы расчета распределения напряжений в горных породах, методы расчета величины горного давления, равновесия горных пород в откосах, прочности и устойчивости целиков и оснований сооружений, проектирование инженерных защитных мероприятий потребовали обоснованных реальных расчетных схем, расчетных показателей свойств горных пород, учета изменения их во времени и при изменении напряженного состояния, неоднородности и анизотропии свойств горных пород и условий их работы.

Таким образом, в результате запросов практики в инженерной геологии развивается новое научное направление – инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Создание этого направления – заслуга большого числа советских ученых.

Выше было отмечено, что в результате специализации и дифференциации знаний в инженерной геологии наметились и другие научные направления.

Мелиоративная инженерная геология – одно из них, имеющее важное научное и практическое значение. Пока нельзя считать, что это направление вполне сложилось и приобрело самостоятельность, однако его задачи и контуры наметились вполне определенно. Представляется, что в качестве основных ее задач можно выделить следующие:

1. Изучение инженерно-геологических условий территорий сельскохозяйственного производства, их районирование и типизация с целью выбора территорий для первоочередного освоения, обоснования схем использования земель и обоснования проектов сооружений, составляющих комплексы мелиоративных систем.

2. Изучение водно-солевого режима горных пород территорий, находящихся в зоне влияния мелиоративных систем и агротехнических воздействий.

3. Разработка методов прогнозирования изменений инженерно-геологических условий, и в том числе водно-солевого режима горных пород, в результате выполнения мелиоративных работ и эксплуатации территорий.

4. Разработка научных основ управления геологическими процессами, в том числе и водно-солевым режимом горных пород, в направлении, нужном для сельскохозяйственного производства.

5. Разработка методов и методик инженерных изысканий при планировании и проектировании строительства мелиоративных систем.

Состояние теоретических исследований

Развитие инженерной геологии в целом и каждого ее раздела предопределялось запросами строительства, а также общим высоким уровнем развития геологической науки. Инженерная геология постоянно привлекалась и привлекается к решению разнообразных и сложных проблем, связанных с различными видами строительства, мелиоративными работами по улучшению территорий и их защитой от стихийных бедствий и др. Это обусловило интенсивное развитие теоретических исследований и за сравнительно короткий срок инженерная геология из чисто описательной науки стала в значительной степени точной, с многочисленными научными направлениями, со своими собственными, оригинальными методами исследований. Использование этих методов сопровождалось интенсивной их разработкой и созданием технических средств изучения свойств горных пород, геологических процессов и явлений, инженерно-геологических условий территорий и т.д. Все это привело к необходимости научного обобщения многочисленных наблюдений, экспериментальных данных, опыта инженерных изысканий, строительства и эксплуатации сооружений. В результате сложилась определенная система знаний о свойствах горных пород, их обусловленности, закономерностях развития геологических процессов и явлений, закономерностях и неоднородности инженерно-геологических условий территорий и т.д.

Современное состояние инженерной геологии характеризуется созданием собственной научно-теоретической базы, установлением определенных законов и закономерностей, отражающих объективно существующие связи процессов и явлений. Впервые была составлена инженерно-геологическая карта СССР и карты ряда других крупных регионов; опубликовано многотомное издание

«Инженерная геология СССР» (1976–1978), а также другие крупные работы по инженерной геологии. Теперь инженерная геология заняла совершенно определенное место в науке о Земле как геологическая наука новой формации.

В статье невозможно осветить сколько-нибудь полно многочисленные аспекты результатов теоретических исследований в инженерной геологии. Поэтому остановимся только на нескольких примерах.

Практические задачи инженерной геологии требуют изучения свойств различных групп горных пород и закономерностей их размещения в земной коре. Это одна из важнейших проблем инженерной петрологии. Изучать свойства горных пород невозможно без систематизации их в определенном порядке, т.е. без их классификации, которая отражает степень изученности предмета. Классификация горных пород в инженерной геологии является также средством и методом их познания. Исследования, связанные с разработкой и совершенствованием классификации горных пород в инженерной геологии ведутся непрерывно, и в этом плане достигнуты определенные результаты.

Как известно, существуют классификации специальные и общие [2]. Специальные классификации разработаны применительно к запросам той или иной отрасли строительного или горного дела и геологоразведочного производства. Они обычно основываются на учете одного какого-либо признака горных пород и в этом случае их подразделяют сравнительно детально.

Общие классификации предназначены для различных отраслей строительства. Они разработаны с учетом нескольких или многих признаков горных пород, в них обычно выделяют все наиболее распространенные типы горных пород и дают с той или иной степенью детальности их сравнительную характеристику. Естественно, что общие классификации менее детальны, чем специальные, поэтому последние как бы дополняют первые.

Как показывает многолетний опыт, из всех общих классификаций принципиально наиболее правильной является классификация Ф.П.Саваренского (1937). Эта классификация (см.таблицу) с изменениями и дополнениями, внесенными нами[x] с целью более полного учета генетических и петрографических признаков и физико-механических свойств горных пород, объединяет различные генетические и петрографические типы горных пород в пять групп по физико-механическим свойствам. Каждой из них дана определенная характеристика и оценка строительных качеств, т.е. прочности, деформируемости, устойчивости и водопроницаемости в условиях естественного залегания. В этом разделении горных пород на группы наблюдается изменение их строительных качеств от первой группы к пятой, исчезновение одних признаков и свойств и появление новых. Важно отметить, что количественные оценки каждой группы пород статистически вполне достоверны и отражают их свойства в условиях естественного залегания с учетом их петрографических особенностей, степени выветрелости, трещиноватости, закарстованности и т.д.

Породы особого состава, состояния и свойств, как правило слабые в строительном отношении. При выборе мест для расположения сооружений ста-

[x] Публикуется после новых дополнений и изменений.

Инженерно-геологическая классификация горных пород
(по Ф.П.Саваренскому, с изменениями и дополнениями В.Д.Ломтадзе)

Группа	Генетические типы									
	Магматические			Метаморфические		Осадочные			Техногенные	
	Глубинные, инструзивные	Полуглубинные и жильные	Излившиеся, эффузивные	Массивные	Сланцеватые	Пирокластические	Обломочные	Глинистые	Органогенные и хемогенные	Искусственно улучшенные	Искусственно преобразованные
I Твердые, скальные	Граниты, сиениты, гранодиориты, габбро	Гранит-порфиры, сиенит-порфиры, гранодиорит-порфиры, диорит-порфириты, габбро-порфириты	Кварцевые и бескварцевые порфириты и порфириты, диабазы, липариты, трахиты, дациты, андезиты, базальты	Мраморы, кварциты	Гнейсы, кристаллические сланцы	-	Песчаники и конгломераты с прочным цементом	-	Известняки и доломиты плотные и прочные	Породы I группы, уплотненные и укрепленные цементацией	Породы II группы, преобразованные в скальные путем уплотнения и укрепления цементацией
II Относительно твердые, полускальные	Выветрелые, сильно трещиноватые и закарстованные горные породы I группы, имеющие пониженные показатели физико-механических свойств					Вулканические туфы, туффиты и туфогенные породы	Песчаники, конгломераты и алевролиты с глинистым цементом	Глинистые сланцы, аргиллиты	Известняки и доломиты глинистые, мергели, мел, кремнистые породы	Породы II группы, уплотненные или укрепленные цементацией, глинизацией, битумизацией или другими способами	Породы III и IУ групп, преобразованные до состояния полускальных путем уплотнения и укрепления цементацией, силикатизацией, синтетическими смолами или битумами; глинистые породы, закрепленные термической обработкой или силикатизацией (лессовые породы)
III Рыхлые несвязные	-	-	-	-	-	-	Пески, гравий, галечники, щебенистые породы	-	-	Породы III группы, уплотненные и закрепленные путем осушения, трамбования, укатки, виброуплотнения, битумизации или гранулометрическими добавками	
IУ Мягкие связные	-	-	-	-	-	-	-	Глины, суглинки, супеси, лессовые породы	-	Породы IУ группы, уплотненные и закрепленные трамбованием, укаткой, электроосмотическим осушением, электрохимическим закреплением и другими способами	
У Породы особого состава, состояния и свойств						-	Пески-плывуны, песчаные илы	Глинистые породы засоленные, глинистые илы	Торфы, почвы, гипсы, ангидриты, каменная соль	Искусственно отсыпанные, состоящие из отходов промышленного и строительного производства, из смеси отходов производства и бытовых отбросов; породы планомерно возведенных насыпей, отвалов и намытых площадей	

Мерзлые породы, резко изменяющие прочность, деформируемость и устойчивость при оттаивании

Продолжение таблицы

Группа	Физико-механические свойства		
	Физические	Водные	Механические
I	Высокая плотность (2,65-3,I0 $см^3$), незначительная пористость (доли процента, редко больше)	Невлагоемкие, практически нерастворимые, водопроницаемы только по трещинам. Коэффициент фильтрации не превышает I0 м/сутки, удельное водопоглощение $\omega < 5$ л/мин	Прочность и упругость высокие, Сопротивление сжатию 50-400 МПа, скалыванию 20-I00 МПа, разрыву 2-I5 МПа. Несжимаемы, устойчивы в откосах. Модуль общей деформации обычно выше I0 000 МПа. Скорость распространения продольных волн v_p изменяется от 4,0-4,5 до 6,5-7,0 км/с, у некоторых разностей до 8,0 км/с, сейсмическая жесткость I0-I2. Коэффициент сдвига бетона по этим породам достигает 0,65-0,70. Крепость высокая ($f_{кр} > 8$). Разрабатываются взрывным способом. Характерна анизотропия свойств пород в условиях естественного залегания
II	Средняя плотность (2,20-2,65 $г/см^3$), пористость до I0-I5 %, у отдельных разностей выше. Скважность изменяется в широких пределах	Слабовлагоемкие. Водопроницаемость изменяется в зависимости от трещиноватости и выветрелости, коэффициент фильтрации изменяется от 0,5 до 30 м/сутки (ω до I5 л/мин) у слабо- и средневодопроницаемых и более 30 м/сутки (ω>I5 л/мин) у сильноводопроницаемых	Прочные (сопротивление сжатию I5-50 МПа), средней прочности (2,5-I5 МПа) и малой прочности (2,5 МПа). Сопротивление скалыванию превышает 5 МПа у пород прочных, меняется от I до 5 МПа у пород средней прочности и менее I МПа у пород слабых. Сопротивление разрыву от 0,I-0,2 до 2-3 МПа. Слабосжимаемы или практически несжимаемы. Модуль общей деформации у пород ослабленных 2000 МПа, у пород менее ослабленных – от 2000 до I0 000 МПа. v_p меняется от I,I-I,6 до 4,0-4,5 км/с, сейсмическая жесткость от 2,9-4,7 до I0-I2. Коэффициент сдвига бетона изменяется от 0,3 до 0,5-0,55. Устойчивость в откосах зависит от степени трещиноватости и выветрелости. Крепость средняя ($f_{кр} = 2 \div 8$). Разрабатываются ударным инструментом и взрывным способом. Характерна анизотропия свойств пород в условиях естественного залегания. Многие разности обладают реологическими свойствами
III	Плотность (I,40-I,90 $г/см^3$) и пористость (25-40 %) изменяются в широких пределах	Невлагоемкие или слабовлагоемкие (тонко- и мелкозернистые разности), практически не растворимые, водопроницаемые. Коэффициент фильтрации до 30 м/сутки у слабо- и средневодопроницаемых и больше 30 м/сутки у сильноводопроницаемых	Прочность зависит от плотности сложения. Крепость небольшая ($f_{кр} < 2$). Обычно сжимаемы. Модуль общей деформации изменяется от 5-I0 до I00 МПа. v_p меняется от 0,2-I,0 до I,5-I,8 км/с, сейсмическая жесткость – от 0,5-2,9 до 4,0-4,8. Коэффициент внутреннего трения f = 0,25-0,60. Устойчивость в основании сооружений и в откосах зависит от величины внутреннего трения и интенсивности динамических воздействий. Разрабатываются механическим и ручным способами
IУ	Плотность (I,I0-I,20 до I,90-2,I0 $г/см^3$), пористость (от 20-30 до 75-80 %) и влажность (от I2-I5 до 75-80 %) изменяются в широких пределах	Влагоемкие, нерастворимые, слабоводопроницаемые или водоупорные. Коэффициент фильтрации обычно меньше 0,I м/сутки	Прочность изменяется в широких пределах в зависимости от влажности и плотности. Крепость небольшая ($f_{кр} < 2$). Сжимаемы и сильносжимаемы, модуль общей деформации изменяется от 5 до I00 МПа. v_p меняется от 0,3-0,85 до I,0-2,2 км/с, сейсмическая жесткость – от 0,8-2,3 до 2,8-5,9. Коэффициент внутреннего трения мал (f = 0,I5-0,35). Устойчивость в откосах зависит от влажности пород и высоты откоса. Разрабатываются ручным и механическим способами. Характерны реологические свойства
У	Горные породы этой группы характеризуются специфическими свойствами,		требуют специальных методов исследований и индивидуальной оценки

Продолжение таблицы

	Механические
е, Сопротивление сжатию 50–400 МПа, скалыванию 20–100 МПа, разрыву 2–15 МПа. сах. Модуль общей деформации обычно выше 10 000 МПа. Скорость распространения ся от 4,0–4,5 до 6,5–7,0 км/с, у некоторых разностей до 8,0 км/с, сейсмиче- циент сдвига бетона по этим породам достигает 0,65–0,70. Крепость высокая зрывным способом. Характерна анизотропия свойств пород в условиях естественно-	
ю 15–50 МПа), средней прочности (2,5–15 МПа) и малой прочности (2,5 МПа). вышает 5 МПа у пород прочных, меняется от 1 до 5 МПа у пород средней проч- слабых. Сопротивление разрыву от 0,1–0,2 до 2–3 МПа. Слабосжимаемы или прак- бщей деформации у пород ослабленных 2000 МПа, у пород менее ослабленных – еняется от 1,1–1,6 до 4,0–4,5 км/с, сейсмическая жесткость от 2,9–4,7 до 10–12. меняется от 0,3 до 0,5–0,55. Устойчивость в откосах зависит от степени трещино- ость средняя ($f_{кр}$ = 2÷8). Разрабатываются ударным инструментом и взрывным спо- я свойств пород в условиях естественного залегания. Многие разности обладают	
ти сложения. Крепость небольшая ($f_{кр}$ < 2). Обычно сжимаемы. Модуль общей де- до 100 МПа. v_p меняется от 0,2–1,0 до 1,5–1,8 км/с, сейсмическая жесткость - ициент внутреннего трения f = 0,25÷0,60. Устойчивость в основании сооружений ины внутреннего трения и интенсивности динамических воздействий. Разрабаты- способами	
их пределах в зависимости от влажности и плотности. Крепость небольшая сжимаемы, модуль общей деформации изменяется от 5 до 100 МПа. v_p меняется сейсмическая жесткость - от 0,8–2,3 до 2,8–5,9. Коэффициент внутреннего Устойчивость в откосах зависит от влажности пород и высоты откоса. Разраба- им способами. Характерны реологические свойства	
исследований и индивидуальной оценки	

раются по возможности избегать участков, сложенных такими породами. Объединение этих весьма разнородных пород в одной группе логически вполне оправдано не только тем, что они обладают особыми отрицательными качествами, но и их геологическим положением в приповерхностных горизонтах земной коры. Это породы действительно либо особого состава (гипсы, ангидриты, каменная соль), либо находящиеся на самом начальном этапе геологической эволюции (илы, почвы, торфы, техногенные образования, плывуны в четвертичных отложениях), либо такие, превращение которых при литификации обусловлено какими-то особыми геологическими обстоятельствами (плывуны в коренных породах, мерзлые породы и др.).

Достоинством этой классификации является ее естественность, проявляющаяся в закономерном размещении каждой группы горных пород в земной коре. И действительно, различия в геологическом строении тех или иных территорий проявляются в первую очередь в различном сочетании комплексов горных пород, слагающих геологические разрезы. В Советском Союзе, как и всюду, при геологических исследованиях в геологическом разрезе принято выделять следующие комплексы: I) четвертичных отложений, представленных преимущественно породами Ш, IУ и У групп по рассматриваемой инженерно-геологической классификации; 2) покровный (недислоцированные или слабодислоцированные осадочные и вулканогенные породы и прорывающие их магматические тела) - породы чехла древних и молодых платформ, обнажающиеся на поверхности или покрытые четвертичными отложениями, относимые инженерно-геологической классификацией главным образом к относительно твердым, полускальным; 3) складчатый (дислоцированные осадочные, вулканогенные и метаморфические породы и прорывающие их магматические породы) - это породы складчатого фундамента платформ, обнажающиеся на поверхности или покрытые различными сочетаниями пород четвертичного и покровного комплексов, по инженерно-геологической классификации - преимущественно твердые, скальные.

В геологическом разрезе того или иного района до глубины возможного воздействия сооружений или инженерных работ могут быть выделены не только тот или иной комплекс горных пород или определенные их сочетания, но и закономерно определенные группы пород по инженерно-геологической классификации, различные месторождения полезных ископаемых также связаны преимущественно с определенными комплексами горных пород, принадлежащими к определенным группам по рассматриваемой инженерно-геологической классификации.

Горные породы в условиях естественного залегания в земной коре находятся в напряженном состоянии, которое имеет геологическую природу и связано с существованием глобального поля напряжений, обусловленного преимущественно современными движениями земной коры. Это поле напряжений неоднородно не только по природе сил, его вызывающих (гравитационных, тектонических и др.), но и по ориентировке в пространстве их составляющих (П.Н.Кропоткин, 1971, 1973). На величину всех составляющих поля напряжений, особенно горизонтальных, существенно влияют петрографический состав и строение горных пород, их физико-механические свойства, т.е. их

принадлежность к той или иной группе по инженерно-геологической классификации. Обобщение данных измерений напряжений в горных породах показывает, что избыточные вертикальные и главным образом горизонтальные напряжения наблюдаются повсеместно на всех континентах преимущественно в породах складчатого фундамента платформ, т.е. в основном в твердых, скальных независимо от их возраста.

Распределение напряжений в горных породах осадочного чехла древних и молодых платформ, т.е. в породах преимущественно относительно твердых, полускальных, рыхлых несвязных и мягких связных, иное, чем в кристаллических породах фундамента. Вертикальная составляющая регионального поля Земли в таких породах определяется в основном нагрузкой вышележащих пород. Вертикальные напряжения линейно возрастают с глубиной и соответствуют гравитационным, рассчитанным по данным средней плотности вышележащих горных пород. Такое изменение хорошо контролируется показателями физического состояния и свойств горных пород: их плотностью, пористостью, влажностью, прочностью, зависящими от степени их литификации (В.Д.Ломтадзе, 1965). Такого соответствия не наблюдается только в отдельных случаях в связи с особыми геохимическими условиями.

Следовательно, рассматриваемая инженерно-геологическая классификация горных пород, разработанная на основании многочисленных наблюдений и исследований, отражает не только основные признаки и статистически точные количественные характеристики их свойств, но и закономерности размещения различных групп горных пород в земной коре и их напряженного состояния. Создание такой классификации, несомненно, надо считать важным результатом теоретических исследований в инженерной геологии.

Одной из важнейших теоретических проблем инженерной геологии является изучение процессов, обусловивших формирование физического состояния и физико-механических свойств горных пород во время их образования и дальнейшего существования и изменения в земной коре. Исследования по этой проблеме, начатые главным образом в послевоенный период, приобрели широкий размах. Исследованиями охвачены все группы, генетические типы и петрографические разности горных пород, встречающиеся на территории СССР, получен обширный материал для их характеристики и оценки с той или иной степенью детальности, сложилась определенная система знаний о природе их физико-механических свойств, зависящих от множества разнообразных факторов [2, 6].

В результате этих важнейших в теоретическом отношении исследований заложены основы теории формирования свойств магматических и осадочных горных пород, глинистых при их литификации, лессовых, мерзлых и других типов и разностей.

В ЛГИ все исследовательские работы по инженерно-геологическому изучению горных пород подчинены этой проблеме и развиваются с 1945 г. по настоящее время. Все основные теоретические положения о формировании физико-механических свойств глинистых пород при литификации подтверждены теперь работами многих других исследователей. Из наиболее крупных назовем работы В.И.Осипова, который многочисленными и тонкими лаборатор-

ними экспериментами подтвердил и расширил разработанные ранее теоретические положения о природе структурных связей и физико-механических свойств глинистых пород различной степени литификации.

Учение о неоднородности и изменчивости инженерно-геологических условий территорий, состава, состояния и свойств горных пород составляет другую крупную научную проблему инженерной геологии. На основании разработок по этой проблеме создаются научные основы методики инженерных изысканий. Поэтому их значение трудно переоценить. Общие контуры решения проблемы только намечаются, но уже достигнуты значительные результаты. Так, исследованию изменчивости состава и свойств горных пород посвящен ряд работ Г.К.Бондарика (1971, 1976), Л.В.Иванова (1954), И.Н.Ивановой (1973), Е.К.Коломенского (1968), Н.В.Коломенского (1968, 1969), Н.Н.Маслова (1949), В.П.Огоноченко (1968), М В.Раца (1968). Значение учета неоднородности инженерно-геологических условий территорий показано в работах кафедры инженерной геологии ЛГИ [4].

Большие результаты достигнуты в области инженерной геодинамики, региональной инженерной геологии, инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, о чем частично уже было сказано выше.

Ближайшие задачи инженерной геологии

Каждой науке полезно время от времени переосмыслять состояние и пути ее развития. Для инженерной геологии потребность в этом исключительно велика. Настало время более полного согласования определений предмета и содержания науки, ее структуры и взаимосвязи со смежными науками, основных теоретических и методических положений и путей более полного удовлетворения практики различных видов строительства и охраны геологической среды.

Инженерная геология является одной из главных составных частей науки о Земле, однако в Советском Союзе до сих пор нет единого направляющего научного центра. Научный совет по инженерной геологии Академии наук СССР, выполняя большую организационную работу, является, однако, общественной организацией и не может действенно влиять на развитие науки. Поэтому важно ставить и решать вопрос об организации крупного научного центра.

В Советском Союзе проведены большие организационные мероприятия для улучшения системы инженерных изысканий. В настоящее время в системе Госстроя СССР и Госстроев союзных республик создано около 30 территориальных трестов и институтов инженерных изысканий, которые наряду с инженерно-геологическими организациями министерств и ведомств выполняют научно-исследовательские работы в области инженерной геологии. Создание новой специализированной геологической службы страны является отличительной особенностью современного развития инженерной геологии.

Однако несмотря на то, что постоянно провозглашается необходимость проектирования сооружений на основе результатов инженерно-геологических изысканий, все нормативные документы (СНиП, ГОСТы, инструкции, рекомендации и пособия) создаются без существенного участия геологов. Требования и положения этих документов в значительной степени не отвечают совре-

менному уровню развития инженерной геологии. Для повышения качества инженерно-геологического обоснования проектов и строительства различных сооружений и производства инженерных работ необходимо дать геологам более активно участвовать в разработке нормативных документов на проектирование.

В области теоретических исследований инженерной геологии главнейшими являются проблемы формирования инженерно-геологических условий территорий, физико-механических свойств горных пород; возникновения и развития геологических процессов и явлений как естественных, так и возникающих в связи со строительством сооружений, выполнением горных работ и хозяйственным освоением территорий. По этим проблемам в ближайшее время главное внимание целесообразно сосредоточить на разработке количественных методов оценки и прогноза формирования и изменений инженерно-геологических условий территорий, физико-механических свойств горных пород на различных участках и глубинах земной коры, возникновения и развития геологических процессов и явлений.

При разработке методов оценки и прогноза геологических явлений особое внимание необходимо обратить на разработку теоретических основ управления геологическими процессами и явлениями в нужном для человека направлении. Проблемы инженерной геологии, связанные с рациональным использованием геологической среды, - это проблемы прогноза и управления геологическими процессами [3, 7]. В настоящее время можно со всей определенностью сказать, что для того, чтобы рационально использовать геологическую среду, необходимо выполнять перечисленные выше законы инженерной геологии.

Неотложными задачами, определяющими всю методологию инженерных изысканий, является изучение закономерностей распределения неоднородности и изменчивости инженерно-геологических условий территорий, т.е. организации геологического пространства.

Из многочисленных прикладных проблем научно-исследовательских работ следует в первую очередь выделить следующие: I) инженерная геология береговой зоны морей в связи со строительством различных сооружений и бурением скважин на шельфе на нефть и газ; 2) инженерная геология городов в связи с непрерывным и интенсивным ростом численности городского населения и соответственно с необходимостью реконструкции и расширения существующих городов, строительства новых и разнообразных видов городского строительства; 3) инженерно-геологическое обоснование строительства различных сооружений и выполнения инженерных работ с целью эффективного осуществления мелиорации земель для сельскохозяйственного производства; 4) инженерно-геологическое обоснование различных видов подземного строительства (в первую очередь метрополитенов), атомных электростанций, аэропортов и других ответственных сооружений.

Необходимо продолжать разработку методики инженерных изысканий, в первую очередь решая следующие задачи: I) согласование и уточнение основных положений методики инженерно-геологической съемки и составление унифицированной инженерно-геологической карты, разработка системного под-

хода при региональных инженерно-геологических исследованиях; 2) дальнейшая разработка методики производства разведочных работ, и в том числе геофизических, при инженерных изысканиях (особое внимание при этом целесообразно уделить научному обоснованию плана, плотности разведки и комплексированию различных видов разведочных работ на разных стадиях инженерных изысканий); 3) совершенствование методики выполнения полевых опытных работ по изучению физико-механических свойств горных пород и водоносных горизонтов и комплексов; 4) создание новых и усовершенствование существующих методов количественной оценки угрожаемости геологических процессов и явлений; 5) разработка методов прогноза изменений инженерно-геологических условий территорий при производстве строительных, горных и других работ.

В связи с разработкой методики инженерных изысканий возникает необходимость в постановке и решении вопросов организации промышленного централизованного производства различных технических средств для инженерных изысканий.

Важнейшей задачей является изменение существующего порядка подготовки инженерных кадров высшей и средней квалификации для работы в области инженерной геологии. Сейчас подготовку инженерных кадров осуществляют более 30 вузов страны, хотя некоторые из них не могут обеспечить высокую их квалификацию, что нарушает требования XXУ съезда нашей партии и постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР „О дальнейшем развитии высшей школы и повышении качества подготовки специалистов".

Итак, инженерная геология как геологическая наука развивается достаточно успешно, однако надо постоянно заботиться о совершенствовании и упорядочении ее научных понятий, положений и терминов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменский Г.Н. Предмет инженерной геологии как науки. – Изв. АН СССР. Сер. геол., 1936, № 1.

2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л., Недра, 1970.

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

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

5. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых и их типизация. – Зап. ЛГИ, 1974, т. 67, вып. 2.

6. Ломтадзе В.Д. Современное состояние и задачи изучения формирования физико-механических свойств горных пород. – В кн.: Проблемы инженерной геологии. М., Изд-во МГУ, 1970.

7. Ломтадзе В.Д. Закономерности распределения и развития геологических процессов как основа рационального использования геологической среды. В кн.: Проблемы инженерной геологии в связи с рациональным использованием геологической среды. Л., изд. ЛГИ, 1976.

8. Попов И.В. Инженерная геология. М., Госгеолиздат, 1951.

9. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. М.–Л., Изд-во ОНТИ НКТП СССР, 1937.