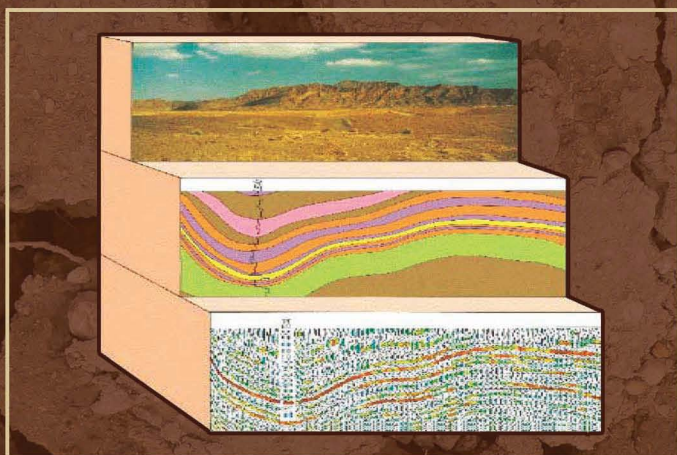


ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ



В. Г. Симагин

В.Г. Симагин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие для вузов



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва, 2008

6С1
П23
УДК 624.131.1

Рецензент: *Сотников С.Н.*, доктор технических наук, профессор кафедры геотехники Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета, заслуженный деятель науки РФ; *Шелехова Т.С.*, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института геологии Карельского Научного Центра РАН

Симагин В.Г. Инженерная геология: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 264 с.

ISBN 978-5-93093-594-3

В пособии изложены необходимые сведения из общей геологии о Земле, приведены данные по горным породам, геохронологии, температурному режиму, геоморфологии. Рассмотрены главнейшие физико-геологические, инженерно-геологические процессы и явления, влияющие на оценку, условия строительства зданий и сооружений. В пособии уделено значительное внимание мерзлотным процессам (морозоопасности), влиянию поверхностных и подземных вод (инженерной гидрогеологии) на условия строительства и эксплуатации, а также типичным ошибкам при изысканиях и их влиянию на устойчивость зданий и сооружений. Пособие предназначено для студентов строительных и горно-геологических специальностей вузов. Может быть полезно инженерам-строителям, инженерам горного дела и геологам в их практической деятельности.

ISBN 978-5-93093-594-3

© Издательство АСВ, 2008

© В.Г. Симагин, 2008

Валентин Григорьевич Симагин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Редактор: *Соколова Л.П.*

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Компьютерная верстка: *О.В. Лютова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60x90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 16,5 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
Краткая программа и содержание курса инженерной геологии	8
Цели и задачи курса инженерной геологии	10
РАЗДЕЛ I. Общая характеристика и вещественный состав Земли	19
1.1. Форма и размеры Земли. Оболочки Земного шара.....	19
1.2. Минеральный состав земной коры.....	30
1.3. Горные породы	35
1.4. Тепловой режим Земли.....	46
1.5. Геохронология. Возраст горных пород и геологическое время.....	49
1.6. Рельеф поверхности земной коры	53
РАЗДЕЛ II. Геодинамические процессы в литосфере	58
2.1. Эндогенные процессы и вызванные ими явления	61
2.2. Геодинамические процессы на поверхности литосферы.....	69
2.2.1. Выветривание и его значение для строителей.....	73
2.2.2. Геологическая деятельность ветра.....	81
2.2.3. Мерзлотные геологические процессы и явления.....	84
2.2.4. Оценка пучинистости грунтов.....	92
2.2.5. Оценка состояния пучинистого основания	95
2.2.6. Воздействие промерзающего пучинистого грунта на подземную часть зданий и сооружений	100
2.3. Геологическая деятельность поверхностных водных потоков... ..	105
2.4. Геологическая деятельность временных водных потоков.....	106
2.5. Геологическая деятельность постоянных водных потоков	114
2.6. Геологическая деятельность морей, озер, водохранилищ	129
2.7. Геологическая деятельность озер	136
2.8. Геологическая деятельность водохранилищ	137
2.9. Склоновые процессы, движение грунтов на склонах и откосах	138
2.10. Воздействия подземных вод на горные породы	156
2.11. Геологическая деятельность снега, льда и ледников	162
РАЗДЕЛ III. Геологическая деятельность подземных вод и их влияние на инженерно-геологические условия	173
3.1. Карты грунтовых вод.....	188
3.2. Геологическая деятельность фильтрующихся вод. Подтопление подземными водами застраиваемых и застроенных территорий	190

3.3. Движение подземных вод.....	193
3.3.1. Основной закон движения подземных вод.....	193
3.3.2. Движение подземных вод к водозаборным сооружениям.....	199
3.3.3. Строительное водопонижение и дренажи	201
3.4. Механические воздействия подземных вод на горные породы	207
3.5. Гидростатическое давление в грунтах.....	208
3.6. Гидродинамическое давление в грунтах	208
3.7. Явление пльвунности	209
3.7.1. Противопльвунные мероприятия.....	210
3.8. Суффозия грунта.....	210
3.8.1. Меры по предупреждению суффозии	211
3.9. Кольматация грунтов.....	212

РАЗДЕЛ IV. Инженерная геокриология. Многолетнемерзлые грунты

грунты	213
4.1. Строение толщи ММГ.....	217
4.2. Свойства мерзлых грунтов	220
4.3. Процессы, происходящие в мерзлых грунтах.....	221
4.3.1. Бугры пучения, «булганяхи», «гидролаколиты».....	224
4.3.2. Термокарстовые явления	224
4.3.3. Наледи.....	226
4.3.4. Солифлюкционные явления, криогенная десерпция, трещинообразование	229
4.3.5. Подземные воды в районах развития многолетнемерзлых грунтов.....	231
4.4. Условия строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов	231

РАЗДЕЛ V. Инженерно-геологические процессы

5.1. Процессы, происходящие в грунтах при вскрытии котлованов.....	234
5.1.1. Упругое разуплотнение	238
5.1.2. Выветривание	238
5.1.3. Пучение	239
5.1.4. Оползни	239
5.1.5. Суффозия.....	239
5.2. Процессы на застроенных и застраиваемых территориях.....	240
5.2.1. Подтопление	241
5.2.2. Понижение уровня подземных вод.....	243
5.2.3. Уплотнение и деформация грунтов под воздействием статических и динамических нагрузок.....	245
5.2.4. Изменение грунтов, вызванное подземными выработками.....	246

5.2.5. Изменение свойств горных пород, вызванное изменением их термического режима	247
РАЗДЕЛ VI. Инженерно-геологические, гидрогеологические изыскания и геотехнический контроль	248
6.1. Инженерно-геологические изыскания	249
6.2. Инженерно-геологический анализ причин деформаций и аварий сооружений	257
6.3. Геотехнический контроль	260
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	262
Сведения об авторе.....	263

ПРЕДИСЛОВИЕ

Строительство представляет собой сложную систему, реализующуюся в условиях воздействия конкретных внешних факторов на геологическую среду и ее компоненты. То есть оно должно быть вписано в природные условия местности так, чтобы в дальнейшем оно могло жить единой жизнью с данной природной обстановкой или изменить течение природных процессов в нужном направлении в нужной степени.

Устойчивость «строительной системы» (надежность, безопасность, долговечность) для человека в результате определяется качеством инженерного решения по взаимодействию этой системы с геологической средой и является предметом изучения инженерной геологии.

В современных условиях инженерная геология изучает природную геологическую среду до начала строительства, а также прогноз тех изменений, которые произойдут в геологической среде (в первую очередь в породах, грунтах), в процессе строительства и при эксплуатации сооружений.

Инженеры-строители, инженеры-дорожники, инженеры горного дела в силу необъяснимых причин имеют ограниченную подготовку в «природоведческих» дисциплинах (Материалы первой общероссийской конференции изыскательских организаций МГСУ, 2006 [17]), что влечет за собой глубокое непонимание сведений о природной среде и неверное их толкование при принятии проектных решений и при производстве работ «нулевого цикла». В основе большинства причин деформаций или аварий сооружений (около 90%) лежат ошибки, допущенные при инженерно-геологическом обосновании проектов, которые сказываются на уровне изысканий, проектирования, качества строительства «нулевого цикла», при эксплуатации сооружений.

Действующий стандарт по инженерной геологии содержит малый объем часов, который не позволяет студентам получить устойчивые знания и оценивать геологические факторы, влияющие на инженерные сооружения: на выбор места их расположения, на конструкцию подземной части, на способы производства работ «нулевого цикла» и т. д.

При работе над пособием автор использовал ценный опыт ранее издававшихся учебников и пособий.

В данном учебном пособии для студентов вузов, изучающих инженерную геологию в комплексе с основными сведениями из общей геологии и гидрогеологии, изложены основные геологические понятия и процессы, тесно увязанные с практическими запросами строителя, дорожника, специалиста горного дела. Наличие блок-схем, таблиц, рисунков способствует более глубокому усвоению материала студентами (особенно заочного обучения), поможет им в будущем при подготовке курсовых работ и дипломных проектов.

Пособие может быть полезно инженерам-строителям, специалистам горного дела, дорожникам и геологам, поскольку в современных условиях ни одно здание или сооружение не может быть спроектировано, построено (реконструировано) и надежно эксплуатироваться без достоверных и полных инженерно-геологических материалов.

Автор выражает свою глубокую признательность рецензентам С.Н. Сотникову и Т.С. Шелеховой за полученные ценные замечания при подготовке работы к печати, в подготовке рукописи – Н.Б. Осауленко.

Строительство фундаментов и других видов подземных сооружений – настоящее искусство. Для его успеха требуется сочетание глубоких технических знаний, опыта и рассудительности.

Р. Леггет. «Города и геология»

Краткая программа и содержание курса инженерной геологии

Инженерная геология как наука является отраслью геологии и изучает динамику верхних горизонтов земной коры (ноосферу) в связи с инженерной деятельностью человека.

РАЗДЕЛ I

Основы геологии. Форма, строение, размеры, температурный режим, геосферы Земли, их характеристики и взаимодействия. Возраст Земли. Геохронологическая (стратиграфическая) шкала. Минералы и горные породы. Магматические, осадочные, метаморфические горные породы, геоморфология.

РАЗДЕЛ II

Геодинамические процессы в литосфере. Процессы внутренней динамики Земли. Понятия о тектонических движениях на платформах и геосинклиналях. Понятие о геологической карте, геологическом разрезе. Природные геологические (внешние) процессы и явления (экзодинамика). Антропогенные воздействия на геологическую среду. Выветривание, мерзлотные геологические процессы и явления. Геологическая деятельность ветра, поверхностных водных потоков (временные и постоянные: рек, морей, озер, водохранилищ, ледников), склоновые процессы.

РАЗДЕЛ III

Основы инженерной гидрогеологии. Геологическая деятельность (работа) подземных вод. Происхождение, свойства, режим подземных вод. Верховодка, грунтовые, межпластовые воды. Карты грунтовых вод (гидроизогины). Приток воды к котлованам, карьерам. Понятие о депрессионной воронке и радиусе влияния. Динамика грунтовых вод. Борьба с грунтовыми водами. Дренажи. Механиче-

ские воздействия подземных вод на горные породы: гидростатическое и гидродинамическое давления, пльвунность, суффозия, кольматация и др.

РАЗДЕЛ IV

Основы инженерной геокриологии. Многолетнемерзлые грунты (ММГ). Распространение, строение, свойства многолетнемерзлых грунтов. Процессы, происходящие в мерзлых грунтах: пучение, миграция, образование бугров пучения, термокарстовые явления, наледи, солифлюкция, морозное трещинообразование. Условия строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ).

РАЗДЕЛ V

Инженерно-геологические процессы. Процессы, происходящие в грунтах при *вскрытии котлованов*: разуплотнение, выветривание, пучение, оползни, суффозия и другие. Процессы, происходящие на *застроенных и застраиваемых территориях*: подтопление, понижение уровня подземных вод, уплотнение и деформации грунтов.

РАЗДЕЛ VI

Инженерно-геологические, гидрогеологические изыскания и геотехнический контроль. Задачи, методы и объем исследований. Анализ причин деформаций и аварий сооружений. Геотехнический контроль (геомониторинг) за сооружениями, карьерами.

Земля – наш общий дом, а в доме должно быть надежно, уютно, комфортно. А это зависит от хозяина – человека.

Цели и задачи курса инженерной геологии

Инженерная геология (ИГ) – одна из отраслей науки о Земле – геологии. **Геология** (греческое «ге» – земля, «логос» – учение) – это наука о развитии и истории, строении, составе Земли и распределении в земной коре полезных ископаемых (материалов). Все, что строит и эксплуатирует человек (здания, сооружения, дороги, мосты, гидротехнические, спецсооружения и др.) создается на Земле: на горных породах (грунтах) – **основания**; в горных породах – **среда**; из горных пород – **материал**.

В инженерной геологии горные породы являются важнейшим элементом геологической среды¹, так как они в основном определяют:

- рельеф (геоморфологию) зоны строительства;
- геологическое строение;
- развитие и протекание геологических процессов и явлений;
- распространение подземных вод (гидрогеологию);
- месторождение полезных ископаемых.

В прошлом наиболее активное воздействие человека на геологическую среду (техногенные) оказывалось через горнодобывающую промышленность, и геология лежала в основе лишь горного дела и добычи полезных ископаемых. Сегодня на первое место по интенсивности воздействия человека на Землю (земную кору) вышла «строительная система» (строительство инженерных сооружений: промышленное и гражданское строительство, автомобильные дороги, гидротехнические сооружения, ЛЭП, трубопроводы и др.).

Инженерная геология возникла как геологическая наука, обеспечивающая запросы строительства (инженерная). Роль инженерной геологии (ИГ) в обосновании проектных решений любых зданий и сооружений (включая и добычу полезных ископаемых, особенно открытым способом) – главнейшая.

¹ **Геологическая среда** – верхняя часть земной коры (литосферы), представляющая собой многокомпонентную динамическую систему (горные породы, подземные воды, газы, физические поля), в пределах которой осуществляется инженерно-хозяйственная деятельность (см. *рис. 1.3*).

Инженерная геология – это дисциплина, рассматривающая вопросы:

- **рационального учета** природных процессов (прогнозирование геологических опасностей, снижение риска, управление риском);
- **правильного использования** природных процессов в практике проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации зданий, всех видов сооружений, карьерного поля и др.

Инженерная геология является отраслью геологии, трактующей вопросы приложения геологии к инженерному (практическому) делу. Она изучает и оценивает ту угрозу, какую геологические процессы могут создавать устойчивости и нормальной эксплуатации сооружений.

Инженеру, желающему быть на высоте современной строительной науки, необходимо прочно усвоить элементы геологии, законы инженерной геологии как геологической науки и всегда принимать это во внимание при своей будущей практической деятельности (рис. 1–3).

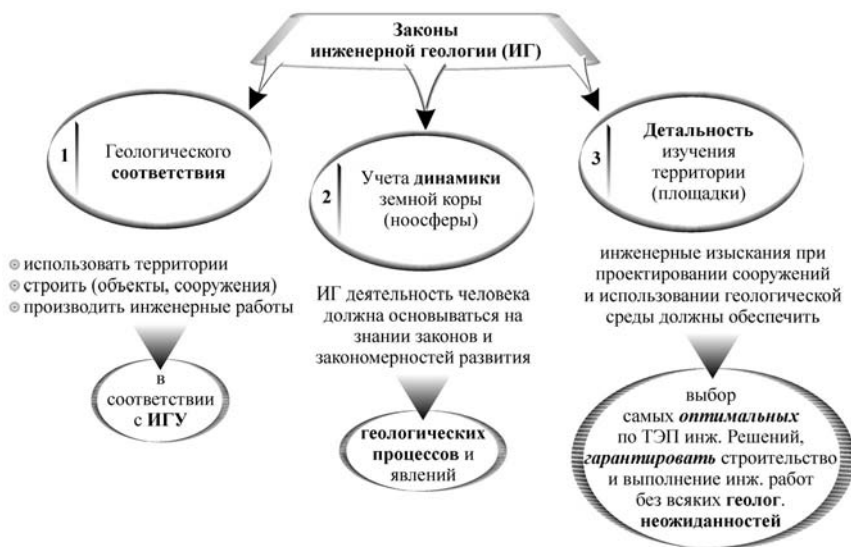


Рис. 1. Основные законы инженерной геологии

В настоящее время роль инженерной геологии значительно возрастает из-за:

- увеличения количества аварий зданий и сооружений, связанных с инженерно-геологическими условиями (основаниями и фун-

даментами) – геотехнической категорией сложности объекта строительства (ГК, ГКОС);

– застройкой на землях, которые ранее не были использованы из-за сложности инженерно-геологических условий и дополнительно ухудшены свалками грунта и отходов;

– возрастания объема реконструируемых, ранее приостановленных (законсервированных) зданий, которые требуют громадной работы по инженерно-геологическому обследованию их оснований;

– увеличения объема подземного строительства в стесненных условиях (вблизи существующих зданий и сооружений), где повышается доля инженерной геологии в общем объеме работ по изысканию, проектированию, строительству и геомониторингу.

Качество – это постоянная работа над собой

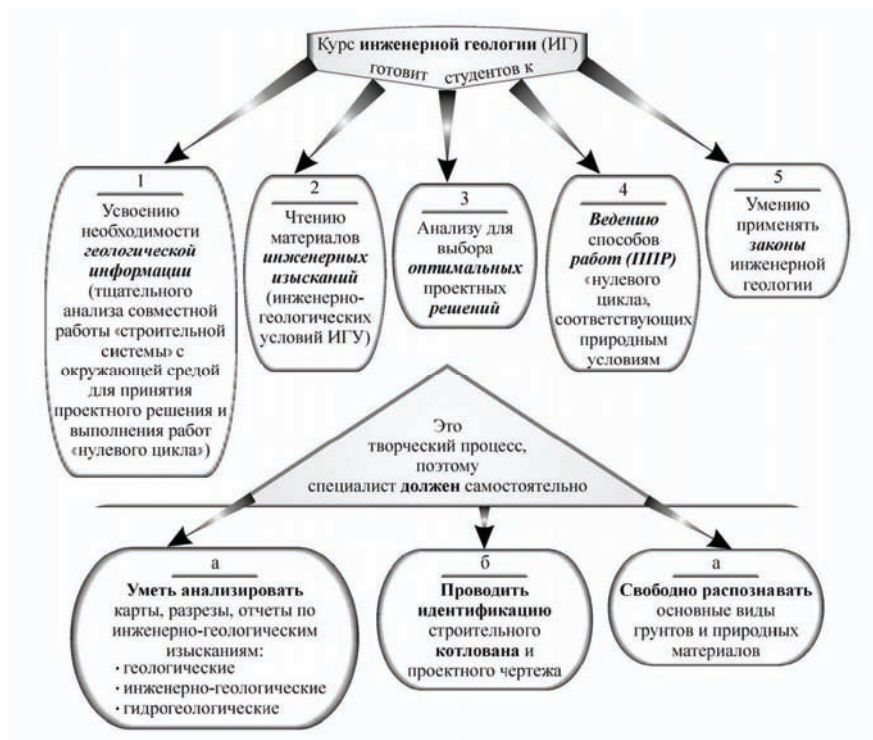


Рис. 2. Практические задачи курса инженерной геологии

*«... Инженерная геология – геологическая наука, а не геология строительных площадок, не придаток строительных специальностей, строительного дела»
д.г.-м.н., проф. МГУ В.Т. Трофимов*



Рис. 3. Основные задачи инженерной геологии как геологической науки

Курс инженерной геологии (ИГ) готовит студентов к (см. *рис. 1, 3*):

- чтению и квалифицированному анализу материалов инженерно-геологических изысканий (ИГИ);
- анализу для выбора оптимальных проектных решений оснований фундаментов сооружений (объектов строительства) (ТЭП);
- подготовке технического задания на проведение инженерно-геологических изысканий;
- выбору способов производства работ (ППР) «нулевого цикла», соответствующих природным условиям (сохранением природного состояния грунта в основании фундаментов, автомобильных дорог, карьеров, геомассива);
- усвоению необходимости тщательного анализа совместной работы «строительной системы» (сооружение «С» + фундамент «Ф» + основание «О») в процессе строительства и эксплуатации с окружающей природной средой. Это творческий процесс.

Основные направления инженерной геологии и ее составные части приведены на *рис. 4* (сформированы инженером-геологом и гидрогеологом, ставшим в 1943 году первым академиком АН СССР Ф.П. Саваренским и его учениками):

- 1) Инженерное грунтоведение – учение о горных породах (грунтах);
- 2) Инженерная геодинамика – учение о геологических процессах и явлениях¹, влияющих на устойчивость зданий и сооружений;
- 3) Гидрогеология – учение о подземных водах;
- 4) Геокриология – учение о вечномерзлых (особых) грунтах;
- 5) Геоэкология – охрана и рациональное использование геологической среды как составляющей части окружающей природной среды;
- 6) Региональная инженерная геология – строение и свойства геологической среды конкретной территории.

Геологическая среда охватывает верхнюю часть Земли (до глубины около 10 км) – литосферу (ноосферу), которая испытывает на себе сильное влияние инженерной деятельности человека (техногенные).

Сегодня уже недостаточно оценивать качество строительства лишь с позиции прочности, устойчивости и безопасности. Не менее важным считается создание **комфортных** условий для человека, строгое соблюдение экологических норм, исключающих негативное воздействие строительства на окружающую природу.

¹ **Геологический процесс** – изменение состояния компонентов геологической среды во времени и в пространстве под воздействием природных факторов.