В. А. КОРОЛЁВ, В. Т. ТРОФИМОВ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ИСТОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И НОМОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Геологический факультет

В. А. Королёв, В. Т. Трофимов

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ИСТОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И НОМОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

УНИВЕРСИТЕТ
книжный дом
Москва
2016

УДК 528.48+624.131.1
ББК 26.3я73-1
И62

Рецензенты:
доктор геолого-минералогических наук,
директор ВСЕГИНГЕО В. С. Круподеров;
доктор геолого-минералогических наук,
зав. кафедрой инженерной геологии РГГРУ,
профессор В. В. Пендин.

Королёв В. А., Трофимов В. Т.
И62 Инженерная геология: история, методология и номологические основы. Монография. / В. А. Королёв, В. Т. Трофимов – М.: Издательство «КДУ», 2016, – 292 с.

ISBN 978-5-91304-630-7

Монография посвящена истории, методологии, номологическому анализу (от греч. *nomos* – закон и *logos* – слово, учение) и систематизации научных знаний и открытий в области инженерной геологии: основным понятиям, научным законам, закономерностям, гипотезам и теориям, сформулированным, открытым и выработанным в разные годы инженер-геологами, в том числе и самими авторами в области инженерной геологии и её основных научных направлений – грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии. Работа отражает современный теоретический уровень инженерной геологии, свод теоретико-методологических исследований, выполненных к настоящему времени в указанных областях, и является первым теоретическим обобщением подобного рода.

Для инженер-геологов, экогеологов, гидрогеологов, геокриологов, геоэкологов и широкого круга специалистов и изыскателей, работающих в области инженерно-геологических изысканий, проектирования и строительства различных инженерных сооружений, а также для студентов и аспирантов геологических специальностей вузов.

УДК 528.48+624.131.1
ББК 26.3я73-1

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве «КДУ»
Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая
Тираж 500 Заказ (Печать по требованию) № Т-1625
Тел.: 8 495 638-57-34, www.kdu.ru
Интернет магазин издательства: www.kdu.ru

© Королев В.А., Трофимов В.Т., 2016
© «КДУ», 2016

ISBN 978-5-91304-630-7

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ 10

1.1. О значении исторического изучения инженерной геологии 10

1.2. Предыстория инженерной геологии 10

1.3. Становление инженерной геологии как науки (начало XX в.) 17

1.4. Развитие инженерной геологии во второй половине XX в. 24

1.4.1. Развитие грунтоведения во второй половине XX в. 24

1.4.2. Развитие инженерной геодинамики во второй половине XX в. 28

1.4.3. Оформление и развитие региональной инженерной геологии во второй половине XX в. 35

1.4.4. Развитие общей теоретической базы инженерной геологии во второй половине XX в. 36

1.4.5. Развитие структуры и организации инженерной геологии во второй половине XX в. 38

1.4.6. Подготовка кадров по инженерной геологии во второй половине XX в. 40

1.5. Современное состояние инженерной геологии (XXI в.) 42

1.5.1. Современная структура организации инженерной геологии в России 42

1.5.2. Современное состояние грунтоведения 43

1.5.3. Современное состояние инженерной геодинамики 45

1.5.4. Современное состояние региональной инженерной геологии 47

1.5.5. Международное сотрудничество инженер-геологов 48

1.5.6. Современное состояние подготовки инженер-геологов 50

1.5.7. Современное состояние теоретической инженерной геологии 53

1.6. Перспективы, закономерности развития и эволюции инженерной геологии 54

ГЛАВА 2. ЛОГИКА, СТРУКТУРА И ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ 58

2.1. Логика инженерно-геологических понятий 58

2.2. Система собственных научных категорий инженерной геологии 60

2.3. Общие категории современной инженерной геологии и её структуры 64

2.3.1. Определение, объект и предмет исследования инженерной геологии 64

2.3.2. Структура инженерной геологии 67

2.3.3. Прикладные разделы инженерной геологии и её соотношение с другими науками 74

2.4. Понятийно-терминологическая база грунтоведения 77
2.4.1. Понятия систематики грунтов 78
2.4.2. Понятия состава, строения и состояния грунтов 82
2.4.3. Понятия свойств грунтов 84
2.5. Понятийно-терминологическая база инженерной геодинамики 87
2.6. Понятийно-терминологическая база региональной инженерной геологии 92
2.7. Методические понятия и категории инженерной геологии 95
2.8. Устаревшие и ошибочные термины и понятия инженерной геологии 98

ГЛАВА 3. ПРОБЛЕМАТИКА СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ 100
3.1. О роли проблем и задач в современной инженерной геологии 100
3.2. «Концепция парадигмы» в геологии и инженерной геологии 105
3.3. Общие теоретические проблемы и задачи инженерной геологии 106
3.4. Теоретические проблемы и задачи грунтоведения 110
3.5. Теоретические проблемы и задачи инженерной геодинамики 113
3.6. Теоретические проблемы и задачи региональной инженерной геологии 116
3.7. Теоретические проблемы и задачи инженерной геологии небесных тел 119
3.8. Структурно-прикладные проблемы и задачи инженерной геологии 120
3.8.1. Структурные и научно-организационные проблемы 120
3.8.2. Нормативно-методические проблемы 123

ГЛАВА 4. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ 126
4.1. Инженерно-геологическая информация, её свойства, способы получения и обработки 126
4.1.1. О роли информации и фактов в геологии и инженерной геологии 126
4.1.2. Инженерно-геологическая информация 126
4.2. Эмпирический уровень познания в инженерной геологии 128
4.2.1. Наблюдение и описание в инженерной геологии 128
4.2.2. Сравнение в инженерной геологии 131
4.2.3. Эксперимент в инженерной геологии 131
4.3. Теоретический уровень познания в инженерной геологии 136
4.3.1. Законы логики и их применение 136
4.3.2. Анализ и синтез в инженерной геологии 138
4.3.3. Дедукция и индукция в инженерной геологии 140
4.3.4. Абстрагирование, идеализация и формализация в инженерной геологии 142
4.3.5. Метод аналогий в инженерной геологии 142
4.3.6. Таксономия, типизация и классифицирование в инженерной геологии 144
4.3.7. Математические методы в инженерной геологии 147
4.3.8. Общефилософские законы и их применение в инженерной геологии 148

4.4. Специальные методы исследований в инженерной геологии 150
4.4.1. Лабораторные методы инженерно-геологических исследований 150
4.4.2. Полевые методы инженерно-геологических исследований 150
4.4.3. Инженерно-геологическое моделирование 151
4.5. Фундаментальные и прикладные инженерно-геологические исследования 152

ГЛАВА 5. ГИПОТЕЗЫ, ИДЕИ И ОТКРЫТИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ 154
5.1. О роли гипотез, идей и открытий в современной инженерной геологии 154
5.2. Формулировка и формулы открытий, защищаемых положений 157
5.3. Гипотезы и идеи в инженерной геологии 158
5.3.1. Гипотезы и идеи грунтоведения 159
5.3.2. Гипотезы и идеи инженерной геодинамики 165
5.3.3. Гипотезы и идеи региональной инженерной геологии 167

ГЛАВА 6. ОБЩИЕ ЗАКОНЫ И ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ 168
6.1. Научные законы и закономерности в геологии 168
6.1.1. Содержание понятия «научный закон» 168
6.1.2. Содержание понятия «закономерность» 171
6.1.3. Классификация научных законов 171
6.2. О роли теорий в геологии 174
6.3. О роли законов и теорий в современной инженерной геологии 176
6.4. Номологическая база инженерной геологии 177
6.4.1. Общие законы инженерной геологии 177
6.4.2. Приложение общих законов в инженерной геологии 180
6.4.3. Общая теория инженерной геологии 180

ГЛАВА 7. НОМОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ГРУНТОВЕДЕНИЯ 184
7.1. Методологические законы грунтоведения 184
7.2. Закономерности, законы и теории состава грунтов 188
7.3. Закономерности, законы и теории строения грунтов 196
7.4. Закономерности, законы и теории свойств грунтов 201
7.4.1. Закономерности, законы и теория химических свойств грунтов 203
7.4.2. Закономерности, законы и теория физико-химических свойств грунтов 204
7.4.3. Закономерности, законы и теория физических свойств грунтов 210
7.4.4. Закономерности, законы и теории физико-механических свойств грунтов 212
7.4.5. Закономерности, законы и теория биотических свойств грунтов 223

7.5. Закономерности, законы и теория управления состоянием и свойствами грунтов 224
7.6. Теории формирования свойств грунтов 227
7.6.1. Закономерности и теории стадий формирования свойств грунтов 228
7.6.2. Теория формирования просадочности лёссовых пород 230
7.7. Закономерности, законы и теории регионального грунтоведения 231
7.8. Общая теория грунтоведения 232

ГЛАВА 8. НОМОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДИНАМИКИ 233
8.1. Методологические законы и теории инженерной геодинамики 233
8.2. Закономерности, законы и теории природных и техногенных эндогенных геологических процессов 235
8.3. Закономерности, законы и теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов 239
8.4. Закономерности, законы и теория управления геологическими процессами и ЛТС 254
8.5. Закономерности, законы и теория региональной инженерной геодинамики 258
8.6. Общая теория инженерной геодинамики 259

ГЛАВА 9. НОМОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ 260
9.1. Закономерности, законы и теория систематизации объектов региональной инженерной геологии 260
9.2. Закономерности, законы и теория региональных ИГУ и ЛТС 263
9.3. Закономерности, законы и теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли 266
9.4. Теория методики региональных инженерно-геологических исследований 267
9.5. Общая теория региональной инженерной геологии 272

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 273

ЛИТЕРАТУРА 274

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН 280

ВВЕДЕНИЕ

Методология какой-либо науки – раздел общей методологии наук, изучающий научные методы данного научного направления или данной науки. Его составной частью является номология (от греч. *nomos* – закон и *logos* – слово, учение) – раздел методологии, *изучающий методы формулирования* закономерностей, законов и создания на их основе научных теорий данной науки.

В методологии любой науки выделяются теоретический и прикладной аспекты, которые не противопоставляются друг другу, а взаимодействуя, расширяют и дополняют друг друга. При этом теоретические исследования создают научный базис для прикладных исследований и последующих практических разработок, внедряемых в соответствующие технологии.

Тем не менее, долгие годы инженерную геологию рассматривали лишь как прикладную отрасль геологии, не имеющую собственного теоретического базиса, законов и теорий, а лишь использующую теоретические исследования из смежных наук геологии, почвоведения, механики и т.п. К сожалению, и в наши дни в Интернете и в отдельных книгах еще можно встретить ошибочное толкование инженерной геологии «как прикладной отрасли геологии, изучающей верхние горизонты земной коры в связи с инженерно-строительной деятельностью человека» (см. например, www.wikipedia.ru). Эти ошибки можно объяснить лишь тем, что подобные трактовки пишутся не специалистами инженер-геологами, для которых данный вопрос давно и однозначно решен: инженерная геология – это не прикладная отрасль, а самостоятельная наука геологического цикла, имеющая как и другие геологические науки свой теоретический базис, являющийся основой для решения многих практических задач.

В инженерной геологии теоретические представления складывались в течение нескольких последних десятилетий. При этом теоретизация инженерной геологии (как и других геологических наук) шла весьма трудно, что объяснялось субъективным «потребительским» отношением к инженерной геологии со стороны правительственных структур и проектировщиков, а также бытующим среди многих инженер-геологов представлением о своей науке как сугубо эмпирической и прикладной. Объективным обстоятельством также следует считать то, что лишь ко второй половине XX века в инженерной геологии был накоплен объем знаний, достаточный для теоретических обобщений.

Эти представления сменились к 1970-м годам прошлого века, когда усилиями, прежде всего, крупнейших отечественных инженер-геологов были сформулированы важнейшие постулаты теоретического знания в области инженерной геологии, обозначена ее структура и научные направления. В 1970-1980-е гг. в СССР и за рубежом были опубликованы фундаментальные монографии по инженерной геологии, в которых также излагались теоретические и методологические представления этой науки. На их базе выпускались фундаментальные учебники по инженерной геологии, в которых также излагались основные теоретические положения. Таким образом, к этому периоду уже не было сомнений в том, что инженерная геология является наукой, обладающей собственным теоретическим базисом.

Методология любой науки, в том числе инженерной геологии развивается на основе общих методологических принципов. Их содержательная сторона разрабатывается в философии, истории и методологии наук. Философское осмысление основ естествознания издавна привлекало внимание многих мыслителей, философов и естествоиспытателей. Среди них необходимо отметить труды Платона, Аристотеля, Ф.Бэкона, Гегеля, Р.Декарта, П.Дюгема, И.Канта, Лейбница, Э.Маха, Дж.Милля, К.Поппера, А.Эйнштейна, Ф.Энгельса и др. Накопленный ими багаж знаний постоянно расширяется и должен в полной мере использоваться при анализе методологии современной геологии и инженерной геологии в частности. При этом в последнее время в нашей стране происходит определенный пересмотр ранее сложившихся в советскую эпоху теоретических философских представлений, сформировавшихся под влиянием доминировавшего марксистско-ленинского учения. В частности, работы многих философов (например, таких как Э.Мах, Авенариус, Д.Юм, Беркли, Дж.Милль и др.) после 1917 года были объявлены идеалистическими и противоречащими коммунистической идеологии, оказавшись фактически под запретом до 1990-х годов. О самих работах этих ученных можно было судить лишь по цитатам классиков марксизма-ленинизма, а оригиналы их трудов были фактически не доступны широкому читателю. В итоге, например, даже работы Эрнста Маха по философии науки и истории естествознания, соответствующие материализму, жестко преследовались, начиная с известной работы В.И.Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» (1909), долгие годы служившей идеологическим фундаментом коммунистического учения. Не заслуженные обвинения в «махизме» не избежали многие видные ученые и философы XX века как у нас в стране, так и за рубежом. Одновременно незаслуженно замалчивались работы многих западных и отечественных философов второй половины XX в., занимавшихся вопросами методологии наук (работы К.Поппера, Т.Куна, Л.Лаудана, А.Койре, Дж.Хоргана, М.Мамардашвили, В.В.Ильина, А.Ф.Лосева и др.).

Характеризуя тревожное положение в теоретическом базисе и методологии современной геологии, В.Т.Фролов (2004, с.8) отмечал: «Вместо собственно геологического подхода и своих методов насаждаются логика, мышление и методы других наук, которые не могут заменить геологические, они только дополняющие. Но главная опасность в упрощенчестве, в сведении сложных явлений, процессов и задач геологии к простым механическим или физическим,

т.е. в редукционизме, снижающем уровень геологии и разоружающем ее. Непонимание геологии видно и по настойчивым разработкам единой обобщающей теории и обязательного теоретического подхода при изучении конкретных объектов, что пагубно для науки геологии и ее практики».

Можно согласиться с этим утверждением, что геология должна опираться на собственные методы. Но игнорирование геологами общенаучных методов, включая логику, а также специальные методы смежных наук также не допустимо, вредно и не способствует развитию ее собственной методологии. Более того, нельзя согласиться и с его позицией относительно необходимости разработки законов и новых теорий в геологии, когда он пишет: «Комплекс неполноценности в основном проявляется не у геологов-практиков, а у теоретиков, особенно у тех, кто осмысливает положение геологии в системе естествознания и совершенствует ее методологию и теорию познания. Принимая физику, механику, химию и другие точные науки за эталон, геологи осознают свою определенную теоретическую ущербность (в частности и из-за дефицита «точности») и пытаются подтянуть геологию до уровня точных наук, с теоретических высот которых, а также и от некоторых философов, временами снисходительно даются советы: открывайте и формулируйте законы, разрабатывайте теорию, максимально внедряйте физические и химические методы и все выражайте числом. Рекомендации с энтузиазмом и пользой принимаются, но комплекс не исчезает» (Фролов, 2004, с.9).

Можно добавить, что появилось и использование обидного выражения «законотворчество в геологии», не способствующее развитию ее номологической базы. «Приклеить» ученому-геологу ярлык, обвинив его в «законотворчестве», довольно легко, и это отбивает охоту у других заниматься поиском и выработкой геологических законов. Но справедливости ради необходимо добавить, что на фоне трудных попыток выработки подлинно научных геологических законов, появляются (и порой широко, как из рога изобилия) продукты подобного «законотворчества», которые лишь наносят вред номологической базе геологии и дискредитируют сам процесс[1].

В.Т.Фролов считает, что резкая разнородность геологических наук делает бесперспективными попытки найти общин законы и теории геологии. Но разве так необходима какая-либо «общая теория геологии»? Разве есть такие теории в химии, физике, механике? Разве можно охватить одной теорией все многообразие процессов и явлений в какой либо области естествознания? Ответ очевиден.

Проанализировав состояние с «законотворчеством» в геологии, В.Т.Фролов (2004, с.18) пессимистично заключает: «Хотя геологический «законотворческий» процесс может прогрессировать, приходится признать, что в собственно геологии не будуг открыты законы такой же строгости, универсальности, общности и постоянства, какими вооружены точные науки, и что в геологии законы не будут играть такую же определяющую роль и служить обязательными критериями научности и зрелости, а также залогом успешных поисков месторождений полезных ископаемых. Однако с этими пессимистическими утверждениями не согласятся кристаллографы, минералоги, геохимики и петрологи, не говоря уже об инженерах-геологах, гидрогеологах, криолитогеологах и других мерзлотоведах и гляциологах, а также о георазведчиках». Можно сказать, что настоящая книга и есть несогласие инженер-геологов с такой позицией и ответ на неё.

Теоретическую основу любой науки составляют её специальные понятия (категории) и научные законы. Поэтому в настоящей монографии в первую очередь внимание уделяется специальным категориям инженерной геологии, построению системы собственных инженерно-геологических категорий. Далее в монографии рассматривается проблематика инженерной геологии и её номологическая база, основу которой составляют научные закономерности и законы. Как известно, существуют всеобщие (философские) и общие законы, действующие во многих науках, а также специальные (специфические) законы, действие которых распространяется на данную науку. Наряду с законами учеными открываются научные закономерности – большинство которых составляет специфические «кирпичики», из которых состоят те или иные законы.

Как отмечал И.П.Шарапов (1989), «наши, даже самые талантливые, ученые (за редким исключением), определяющие облик современной геологии, собирают и описывают факты, составляют их сводки и карты, но часто даже не пытаются открывать законы, управляющие этими фактами. Они считают, что геология не только не имеет, но и не может иметь такие же строгие законы, как физика, что в науке о земной коре много противоречий, устранить которые логика не в состоянии. Поэтому, говорят эти ученые, так расплывчаты геологические законы. С этим мы не можем согласиться. Расплывчатость геологических законов определяется не предметом исследования, а неразвитостью геологии, незнанием и нежеланием знать логику и методологию. Геолог, не знающий логики и методологии, не знает и геологию». Это в полной мере можно отнести и к состоянию дел с законами в инженерной геологии.

И далее И.П.Шарапов писал (1989): «В курсах общей геологии и в других учебниках по частным геологическим дисциплинам нет законов геологии. В лучшем случае есть лишь расплывчатые положения, названные принципами, но фактически принципами не являющиеся. Перефразируя известное стихотворение, взгляд этих ученых на геологию можно охарактеризовать так: “умом геологию не понять, логическим аршином не измерить, у ней особенная стать, в геологию можно только верить”. Это настоящий гимн невежеству. Между тем не все великие ученые-геологи поют этот гимн. Еще Н. Стено, Дж. Геттон и Ч. Лайель пытались найти законы развития земной коры, но в те далекие времена у геологии

[1] См., например, «законотворческие» работы В.М.Дуничева за 1980-2012 годы, в том числе и широко разрекламированные в Интернете.

было мало фактического материала, а философия еще не создала достаточно развитой логики научного знания. Только в нашу эпоху, когда не осталось и клочка Земли, где не ступала бы нога геолога, и когда философы вместе с логиками создали теорию номологических высказываний, хотя и не свободную от некоторых неясностей, оказалось возможным по-новому, более правильно поставить проблему геологических законов». Эти вопросы и попытались авторы рассмотреть в настоящей книге.

Как отмечал О.С.Разумовский (1999), «знание законов, во-первых, освобождает человека от многократного повторения действий и операций по обнаружению каких-то постоянных, повторяющихся моментов в действительности и в мышлении, Это знание высвобождало в истории человечества невообразимо огромное количество свободного времени, которое реально использовалось для других каких-то занятий. Во-вторых, их знание делает человека более свободным при выборе правильных, адекватных суги тех или иных ситуаций, решений и действий при создании, например, различных вещей, технологий, последовательных операций – в обществе и в мышлении – сейчас, в данный момент, и в дальнейшем. В-третьих, знание законов взамен беспочвенных фантазий позволяет человеку увидеть и осознать возможные результаты его деятельности на перспективу, раскрывает простор для более точного предвидения и планирования будущего. В-четвертых, знание законов позволяет человеку успешно управлять ходом событий, процессов. В-пятых, это знание дает человеку возможность практически реализовать свои имеющиеся уже прежние планы и наметки, творческие замыслы и проекты, воплотить их в вещах, процессах, их свойствах, отношениях, в реальных событиях жизни и т.п. (эффективность практической деятельности). В-шестых, незнание законов ведет к неуспеху, к заблуждениям и ошибкам, провалам и, даже, катастрофам. Наконец, в-седьмых, знание законов формирует основное концептуальное мировидение человека, оформляет картину мира и его мировоззрение в целом. Эти преимущества знания законов обеспечиваются обучением и образованием в рамках человеческого общества во все возрастающих масштабах. Без знания аксиом, законов, принципов, научных гипотез, теорий фактически не существует настоящей образованности».

В этой связи в настоящей монографии авторы предприняли попытку ревизии понятийной и номологической базы инженерной геологии, её проблематики, попытку собрать и систематизировать все общие и специальные законы инженерной геологии, а также основные закономерности, выявленные в этой науке и составляющие суть ее теорий к настоящему времени.

Необходимость такой работы очевидна и актуальна: категориальный базис инженерной геологии ещё не приведен в систему; многие научные законы и закономерности инженерной геологии опубликованы в разрозненных изданиях, рассосредоточены в различной, порой мало доступной, научной литературе. Поэтому в настоящем издании авторы преследуют цель собрать их воедино, провести их ревизию и «инвентаризацию», дать новые и более обоснованные формулировки известных номологических высказываний, обосновать формулировки новых идей, гипотез, законов и закономерностей. Книга должна способствовать побуждению у инженер-геологов творческого начала, научного поиска и эвристической деятельности во всех направлениях инженерной геологии и особенно там, где обозначены актуальные, но пока не решенные научные проблемы. Она должна служить определенным ориентиром в области непознанного для любого пытливого исследователя.

В монографии также впервые подробно изложен исторический анализ развития инженерной геологии, её научных направлений и проанализировано её современное состояние. Это дает возможность в определенной мере установить тенденции и закономерности развития инженерной геологии и обозначить перспективы ее дальнейшей эволюции как в новой России, так и за рубежом.

Структура монографии отражает общий методологический подход к решению научной задачи: от исторического анализа (глава 1) и понятийного аппарата (глава 2) затем идет переход к анализу проблематики инженерной геологии (глава 3), методам решения проблем (глава 4), и на этой основе – выдвижению гипотез (глава 5), установлению общих закономерностей, законов и теорий (глава 6) и, наконец, к характеристике теоретико-номологической базы грунтоведения (глава 7), инженерной геодинамики (глава 8) и региональной инженерной геологии (глава 9). Таким образом, настоящая монография впервые охватывает весь круг исторических, теоретических и методологических вопросов инженерной геологии.

Работа по подготовке монографии выполнялась авторами в период 2011-2015 гг. в соответствии с планом приоритетных направлений развития МГУ им. М.В.Ломоносова – ПНР-6: «Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы, безопасности хозяйственной деятельности и развития инфраструктуры России» в рамках темы «Теоретические и методологические вопросы инженерной геологии».

Надеемся также, что эта книга послужит побудительным мотивом к разработке инженер-геологами обозначенных здесь и пока ждущих своего решения научных проблем, решению поставленных задач, выявлению новых знаний и обоснованию новых научных закономерностей, законов и теорий во всех направлениях современной инженерной геологии: в грунтоведении, в инженерной геодинамике и региональной инженерной геологии.

Ваши отзывы и пожелания о книге можно направлять по адресу: 119991, Россия, Москва, Воробьевы горы, МГУ, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии или авторам по электронной почте:

va-korolev@bk.ru и trofimov@rector.msu.ru

В.А. Королев, В.Т. Трофимов

Глава 1.
ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

1.1. О значении исторического изучения инженерной геологии

Обоснование методологии науки невозможно без анализа ее истории развития. Недаром история и методология любой науки всегда рассматриваются во взаимосвязи (Хаин и др. 2008).

Как отмечал Эрнст Мах (2012): «Историческое изучение развития наук, происходящего через накопление и систематизацию первичного опыта, чрезвычайно привлекательно и полезно». При этом он писал, что начальное развитие науки выступает «из ремесел», проистекает из материальных, технических потребностей человека, которые на этом этапе служат единственным мотивом. Но постепенно этот мотив уступает место интеллектуальному интересу. «Затем, когда интеллект овладевает данной областью фактов, начинается обратное влияние науки на инстинктивную технику, из которой она развилась, и эта техника превращается в научную, основанную уже не на случайном опыте, а на планомерном разрешении сознательно поставленных задач. Так остаются в постоянном соприкосновении, взаимно поддерживая друг друга, мышление теоретическое и практическое, научный и технический опыт» (Мах, 2012, с.109).

В этих тезисах Э.Маха сформулирована общая направленность развития во времени любой науки: она зарождается как отклик на практическую насущную потребность человека в конкретной области знания, а затем эволюционирует до теоретического уровня получения знаний в этой области. В этом смысле история развития инженерной геологии не является исключением: исторический анализ инженерной геологии показывает, что она возникла как отклик на практическую потребность геологического обоснования строительства различных инженерных сооружений.

В методологическом аспекте исторический (а по суги – ретроспективный) анализ развития инженерной геологии важен еще и тем, что он показывает траекторию её эволюции на протяжении определённого времени, а следовательно, может в какой-то мере предсказывать и её будущее развитие.

В историческом развитии инженерной геологии как науки геологического цикла, исследующей инженерно-геологические условия верхних горизонтов земной коры, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов и в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека, можно выделить несколько периодов: 1) длительный период предыстории инженерной геологии, охватывающий значительный временной этап с глубокой древности до конца XIX в.; 2) период становления инженерной геологии и ее оформления в самостоятельную науку – первая четверть – середина XX в.; 3) период активного развития инженерной геологии с середины до конца XX в.; 4) современный период развития инженерной геологии с начала XXI в. Рассмотрим эти периоды подробней.

1.2. Предыстория инженерной геологии

Предыстория инженерной геологии – длительный период накопления человечеством первоначальных сведений о влиянии геологических особенностей местности на строительство тех или иных сооружений. Понятное для каждого из нас положение о том, что нельзя строить дом без учета всех особенностей его основания исходит из глубокой древности.

При этом нам кажется неправомерным считать, что развитие геологических наук связано с появлением у человека потребностей в добыче полезных ископаемых, используемых для бытовых нужд (орудий производства, охоты и т.д.), вооружения, строительных, энергетических и других нужд. Прежде всего, человеку нужно было обустроить свое жилище. И если на начальных этапах своей истории человек использовал для этих целей готовые природные, главным образом геологические, образования (пещеры, ниши, ямы, навесы и т.п.), то позже он стал самостоятельно строить себе жилища исходя из собственных потребностей. При этом он интуитивно выбирал территории, благоприятные для строительства в геологическом отношении: ни при каких обстоятельствах жилища не строились на затопляемых, заболоченных, оползневых или иных территориях, явно подверженных неблагоприятным геологическим процессам, хотя о последних в то время были самые смутные представления. Наоборот, для жилищ и культовых сооружений выбирались участки наиболее стабильные и устойчивые во времени, не меняющие свой облик в течение многих лет. К таким участкам, прежде всего, относились массивы, сложенные прочными горными породами. Таким образом, «интерес к геологии» у человека был одновременно связан и с добычей полезных ископаемых, и с «геологической обусловленностью» строительства жилищ.

Уже в государствах Месопотамии и Древнего Египта строителям было ясно, что как мы сейчас говорим «ответственные сооружения», коими в те времена служили храмовые сооружения и дворцы властителей, нельзя строить в любом случайном месте. Напротив, эти места должны отвечать не только эстетико-религиозным представлениям (стоять на доминирующих высотах, чтобы быть видимыми всем подданным,

занимать самые красивые и благоприятные для проживания места и т.п.), но также должны учитывать реальную основу фундамента здания.

Римский архитектор и инженер Марк Витрувий Поллион, живший в I в. до н.э. и оставивший трактат «Десять книг об архитектуре»[1], писал, что без знания о местности и ее геологии нельзя строить здание. Также он придавал большое значение знанию строительных материалов – разнообразных горных пород.

Марк Витрувий Поллион

Древние строители хорошо понимали, что надежное основание – главное условие устойчивости строящегося здания. Примеров тому множество: начиная с выбора скального массива под основание египетских пирамид, простоявших несколько тысячелетий и благополучно выдержавших многочисленные природные воздействия (но не выдержавших «техногенное» воздействие самого человека в последующие эпохи); выбор благоприятных мест и устройство специальных антисейсмических оснований (в том числе из замешанного на глине тростника) для многих культовых сооружений в странах Ближнего Востока, Средней Азии, древних Индии и Китае.

В средние века и в период Возрождения строители становятся уже не только искусными мастерами, возводящими сложные храмы, крепости и замки, но и знатоками «геологии местности», умевшими безошибочно выбирать надежные основания для возведения сооружений. Одним из исключений из этого правила служит знаменитая Пизанская башня, когда строители не обнаружили в ее основании коварных глинистых грунтов, способных к длительной консолидации. Но подобные случаи единичны. Гораздо больше можно привести исторических примеров напротив, удачного выбора мест под строительство различных сооружений.

Все эти удачные «случаи» строительства отмечались в качестве примеров для подражания и последующего повторения, они фиксировались в «строительной памяти» для потомков. Эти первоначальные сведения были во многом интуитивными, а во многом подкреплялись накапливаемой со временем строительной практикой и приемами, позволяющими обеспечить устойчивость зданий и сооружений порой даже в неблагоприятных (по современным меркам) инженерно-геологических условиях.

В самом начале XVI в. Леонардо да Винчи составил для городских властей Флоренции заключение о морфологии и причинах оползня в окрестностях города, ставшее одним из первых документов инженерно-геологического содержания.

С оползнями были знакомы и в древней Руси. Ещё в XII в князья Киевской Руси строили каменные подпорные стены для защиты церквей, расположенных на склоне Днепра[2]. При возведении каменных церквей в Ладоге в XII в. строительные артели использовали ленточные и полуленточные (столбчато-ленточные) каменные фундаменты, возводимые с опалубкой и заглубленные на 1,5 м. При строительстве в XVI в Нижегородского кремля были возведены массивные каменные контрфорсы с дренажами, представляющие собой противооползневые сооружения, прослужившие до наших дней (Емельянова, 1959).

В России со времен Петра I русские и немецкие строители уже использовали термин «грунт», хотя и не в современном его понимании (Грунтоведение, 2005). Огромный практический опыт был накоплен русскими инженерами при строительстве по приказу Петра I многочисленных инженерных сооружений: судоходных каналов, крепостей, заводских плотин, заводов и фабрик, горнодобывающих предприятий и конечно – городов: Санкт-Петербурга, Петрозаводска и др. Строительство Санкт-Петербурга осуществлялось в неблагоприятных с современной точки зрения инженерно-геологических условиях: наличие слабых, сильно сжимаемых грунтов, подтопление, заболачивание территории т.п. заставляло строителей применять и разрабатывать особые способы устройства фундаментов, в том числе свайные. При этом был накоплен огромный опыт строительства, который затем использовался и в других регионах страны.

Шарль Огюстен Кулон (1736-1806)

Уильям Смит (1769-1839)

[1] Марк Витрувий Поллион. Об архитектуре. / Пер. Ф. А. Петровского. (Серия «Из истории архитектурной мысли»). — М., Едиториал УРСС. 2003. 320 с.

[2] Личков Б.Л. К вопросу о режиме оползневых явлений в районе расположения г.Киева и его окрестностей – Геол. журнал АН УССР, Киев, 1938, т.5, вып. 4.

Анри Дарси (1803-1858)

Александр Коллин (1808-1890)

Уильям Джон Маккурн Ранкин (1820-1872)

Христиан Отто Мор (1835-1918)

Широко использовал термин «грунт» и М.В.Ломоносов, который в своих работах (1757, 1761) впервые привел характеристику множества различных типов грунтов и горных пород (Сергеев, 1949, 1950; Королев, 2012). Работы М.В.Ломоносова по геологии послужили становлению в России будущих разделов инженерной геологии: грунтоведения и инженерной геодинамики (Королев, 2012). Так, вклад идей М.В. Ломоносова в разработку предпосылок, становление и развитие грунтоведения сводится, по нашему мнению, к следующим основным позициям (Королев, 2012): 1) формулирование необходимости изучения истории формирования грунтов (генетического подхода); 2) разработка проблемы многообразия грунтов («слоев земных») и первые попытки их систематизации; 3) подразделение грунтов по их структурным особенностям (крупности); 4) попытки объяснения свойств отдельных грунтов. Первые представления о геологических процессах и их причинах, высказанные М.В. Ломоносовым, показали их многообразие, динамику и огромную роль в формировании лика Земли, что в последующем учитывалось в рамках зарождавшейся и развивавшейся инженерной геодинамики.

Первые опубликованные в России сведения об оползнях содержатся в монографических описаниях земель Российского государства П.С.Палласа[1], изданных во второй половине XVIII в. В «Мемориальных записках о заводском производстве» Григория Махотина, написанных в 1776 г., с геологических позиций рассматривалось обоснование строительства плотин и др. промышленных сооружений (Бондарик, Ярг, 2015). Затем сведения об оползнях в Крыму были опубликованы П.И.Сумароковым в 1803-1805 гг., а об оползневых процессах в окрестностях Одессы К.М.Смольяниновым в 1852 г[2]. В 1865 г. Завадовский составил первое подробное описание обвалов, абразионных и оползневых процессов вдоль морского берега в районе Одессы (Оползни..., 2010).

В Западной Европе в XVII-XVIII вв. успехи строительной деятельности были связаны, прежде всего, с прогрессом в области точных наук: физики, математики и механики. Основополагающие работы Г.Галилея, И.Ньютона по статике и динамике тел, труды Р.Гука по изучению упругости, исследования Ш.-О.Кулона по статике сооружений и трению, математические труды П.-С.Лаплапса и С.Пуассона оказали огромное влияние на возможность точной +количественной оценки статической механики оснований сооружений и физико-механических свойств грунтов оснований. Уравнения Лапласа и Пуассона нашли широкое применение в различных областях статики и динамики сооружений.

Французский военный инженер-строитель Шарль Кулон, впоследствии известный физик и член Парижской академии наук, занимаясь в 1760-1770-е гг. возведением крепостных валов и фортификационных сооружений, задался решением задачи о создании из грунтов крепостного вала максимальной крутизны. Для этого он изучал углы естествен-

[1] Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Государства Российского в 1763-1773 г. – Т.II. – СПб., 1773-1788.

[2] Смольянинов К.М. История Одессы. Исторический очерк. — Одесса: 1853. 181 с.

ного откоса различных грунтов. Это привело его к открытию закона о зависимости угла внутреннего трения грунтов от соотношения нормальных и касательных напряжений. Можно считать, что это был первый собственный «инженерно-геологический закон», который впоследствии стал всеобщим, применяемым не только для инженерно-геологических или строительных целей, но и в различных разделах механики и вообще физики.

Рис.1.1. Строительство Суэцкого канала, 1860-е гг.

В Великобритании отцом-основателем инженерной геологии считают Уильяма Смита (1769-1839), инженера-землемера и геолога-самоучку, занимавшегося возведением дорог, каналов, береговых защитных сооружений и др. объектов. Он одним из первых отмечал, что при их сооружении необходимо учитывать геологическое строение и необходимы геологические знания. Кроме того он заложил основы стратиграфии, установив последовательность напластования пород и составил первую геологическую карту Англии. За свои работы в 1831 г. он был первым награжден медалью Волластона, присуждаемой Британским геологическим обществом.

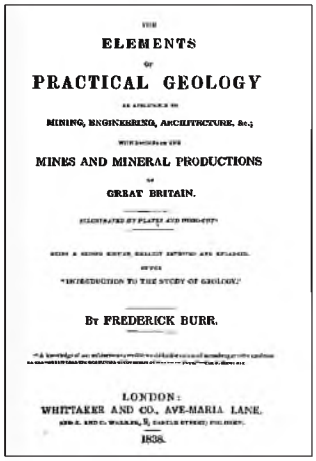

ELEMENTS
OF
PRACTICAL GEOLOGY
MINING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, &c.;
MINES AND MINERAL PRODUCTIONS
OF
GREAT BRITAIN.
By FREDERICK BURR.
LONDON:
WHITTAKER AND CO., AVE-MARIA LANE.
1838.

Рис.1.2. Обложка монографии Ф.Бэра «Практическая геология», 1838 г.

Одним из пионеров и предшественников в области механики грунтов был британский исследователь А.Коллин (1808-1890), занимавшийся обоснованием строительства различных сооружений и одним из первых изучавший механические свойства глинистых грунтов[1]. Значительный вклад в становление механики грунтов внес У.Дж.Ранкин (1820-1872) – профессор гражданского строительства в университете Глазго. Его работы позволили оценить закономерности равновесия земных масс, а созданная им теория является упрощением теории Кулона.

В 1838 г. была издана книга Ф.Бэра[2] «Элементы практической геологии в приложении к горному делу, инженерному делу и архитектуре», в которой рассматривались различные аспекты применения геологических знаний, в том числе при строительстве (рис.1.2).

В 1856 г. французский инженер Анри Дарси (1803-1858) опубликовал работу по проницаемости песков, в которой ввел понятие о коэффициенте проницаемости грунтов. В 1887 г. Осборн Рейнольдс (1842-1912) демонстрировал явление дилатансии в водонасыщенных песках. Джон Стюарт Бересфорд (1845-1925) и Джон Клайборн (1847-1938) несколькими годами позже опубликовали работы по фильтрации воды в песчаных пластах под влиянием изменяющегося напора.

В конце XIX в. инженерная геология стала зарождаться как самостоятельная наука во многих зарубежных странах.

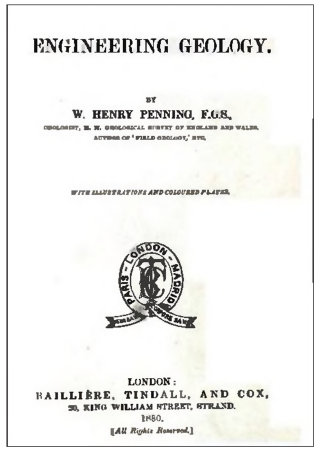

ENGINEERING GEOLOGY.
BY
W. HENRY PENNING, F.G.S.,
WITH ILLUSTRATIONS AND COLOURED PLATES.
LONDON:
BAILLIÈRE, TINDALL, AND COX,
20, KING WILLIAM STREET, STRAND.
1880.
[All Rights Reserved.]

Рис.1.3. Титульный лист «Инженерной геологии» У.Г.Пеннинга, 1880 г.

Первая книга под названием «Инженерная геология» (Engineering Geology) была издана 1880 г. британским геологом и инженером-строителем У.Г.Пеннингом в Лондоне (рис.1.3). В ней для строителей приводились начальные сведения по геологии, о разных типах пород, о роли в них воды, о полевых методах изучения строения геологических разрезов, включая бурение и составление геологических колонок и т.п. При этом во введении автор попытался дать первую формулировку инженерной геологии – как приложение геологии к запросам строителей.

В 1884 г. австрийский старший инженер К.Вагнер, занимавшийся строительством туннелей, опубликовал небольшую брошюру под названием «Отношение геологии к инженерным наукам»[3], в которой обосно-

[1] *Collin* A. Experimental Research in Spontaneous Slippage of Clay Soils. – London, 1846.

[2] *Burr F.* The elements of practical geology as applicable to mining, engineering, architecture... – London, Whittaker and Co., Ave-Maria Lane. 1838. 291 p.

[3] *Wagner C.J. von.* Die beziehungen der geologie zsu den ingenieur-wissenschaften. – Wien, Spielhagen & Schurich, 1884. 88

вал необходимость привлечения геологов к сложным строительным объектам, в частности – строительству туннелей. Работа оказалась настолько актуальной, что её обзор под названием «Инженерная геология» был напечатан в 1885 г. в американском журнале "Science" (1885, vol.V, No 112, pp. 260-261).

Жозеф Валантен Буссинеск (1843-1929)

В 1885 г. французский ученый, механик Жозеф Буссинеск опубликовал работу «О распределении напряжений в упругой почве от сосредоточенной силы», теоретические положения которой сыграли важную роль в становлении механики грунтов. Кроме того, он вывел уравнение, описывающее форму свободной поверхности жидкости при ее течении в пористом грунте – уравнение Буссинеска.

В 1897 г. американский физик и почвовед Лиман Бриггс[1] (1874-1963) издал небольшую монографию «Механика воды в грунтах», в которой рассмотрел имеющиеся на тот момент сведения о формах воды в дисперсных грунтах, в частности – особенности капиллярной воды и ее роль в связности грунтов. Он был одним из первых исследователей поверхностных явлений в почвах, обусловленных связанной водой. Он выделял гравитационную воду и воду в форме пленок, обволакивающих частицы, и подчиняющуюся действию сил поверхностного натяжения. На приводимой им схеме (рис. 1.4) он иллюстрировал процесс капиллярной конденсации воды между двумя ссоседними частицами и формирование между ними капиллярной воды, обеспечивающей появление капиллярной связности между частицами.

В XIX в. строителями во всем мире накапливался большой опыт решения геологических задач при строительстве особо крупных объектов. Среди таких объектов были Суэцкий и Панамский каналы, при возведении которых были вынуты и переотложены десятки миллионов кубометров грунтов, построены десятки километров отводных каналов, осушены прилегающие болота и т.п. (рис.1.5)[2].

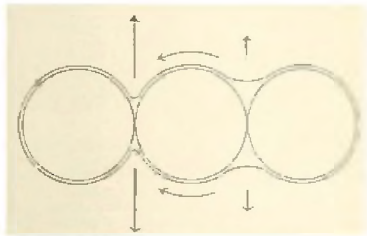


Рис. 1.4. Схема капиллярной воды между частицами из книги Л.Бриггса, 1897 г.

Все эти работы требовали привлечения геологов. Например, при строительстве Панамского канала строители столкнулись с очень сложными геологическими условиями: им нужно было пересечь шесть огромных разломных зон и несколько очагов землетрясений (рис.1.5). В 1915 г. Д.Макдональд[3] опубликовал работу, в которой проанализировал основные инженерные проблемы, связанные со строительством Панамского канала, обусловленные геологией вдоль его трассы.

В России предпосылки создания грунтоведения стали складываться в XIX в. в связи с гидротехническим строительством и развитием капитализма. В магистерской диссертации Дмитрия Лачинова, защищенной в 1816 г. в Московском университете, рассматривались многие вопросы, связанные с запросами гидротехнического строительства, в ней содержались элементы инженерной геологии, механики грунтов и грунтоведения (Сергеев, 1952).

Особенно активно рост промышленного производства в России происходил во второй половине XIX в., сопровождаясь строительством железных дорог (рис.1.6), заводов и фабрик. При этом были востребованы знания о грунтах и влиянии геологических условий на строительство.

Рис.1.5. Строительство Панамского канала, конец XIX в.

В этот период под грунтом русские строители стали понимать те горные породы, которые служили основанием для какого-либо сооружения. Так В.Карлович (1863) писал: «В строительном искусстве под грунтом понимают обыкновенно ту частичку земной коры, на которой приходится основывать строения и которая имеет влияние на способ устройства осно-

p.. 65 figs., 24 pl. 4°.

[1] *Briggs L.J.* The mechanics of the soil moisture. – Washington: Government printing office. 1897, 28 p.

[2] О том, как далеко ушли за 150 лет инженерно-строительные технологии свидетельствует тот факт, что открытый в 2015 г. параллельный дублер Суэцкого канала длиной в 35 км построили всего за один год.

[3] *MacDonald D.F.* Some engineering problems of the Panama Canal in their relation to Geology and Topography. – Washington. Dept. of the Interior. Bulletin 86. 1915. 88 p.

вания». Близкое понимание термина «грунт» было дано и в работе 1903 г. А.П. Павлова, который под грунтом понимал верхнюю часть земной коры, интересующую строителей. Такое представление о грунте существовало в России с середины XIX до начала XX в. Однако были и такие ученые, которые под грунтом понимали лишь «рыхлые» (дисперсные) породы, не относя к ним скальные. Этот спор продлился вплоть до второй половины XX в., пока первая точка зрения не стала общепризнанной.

Уильям Генри Пеннинг (1838-1902)

Василий Васильевич Докучаев (1846-1903)

Лиман Бриггс (1874-1963)

Академик Григорий Петрович Гельмерсен (1803-1885)

Рис.1.6. Строительство дренажного туннеля под насыпью Николаевской железной дороги (Веребьинский обход), 1881 г.

Значительный вклад в становление грунтоведения внесли отечественные почвоведы и созданное ими во второй половине XIX в почвоведение. Среди отечественных почвоведов, заложивших основы этой науки, следует назвать В.В.Докучаева, П.А.Костычева, Н.М.Сибирцева, В.Р.Вильямса и др.

В период с середины XIX до начала XX века российскими геологами было опубликовано большое число работ нового, «инженерного» направления. Знаний одних лишь строителей оказалось не достаточно для строительства многих инженерных сооружений, в том числе железных дорог. В этих работах участвовали крупнейшие русские геологи – В.Рожков, П.Усов, Г.П.Гельмерсен, М.Н.Герсеванов, В.Карлович, Д.Неелов, В.И.Курдюмов, А.П.Павлов, В.А.Обручев, С.А.Яковлев и многие др.

Так, например, Миллер и Самойлов в 1842 г. проводили изыскания для строительства железной дороги «Москва-Санкт-Петербург», которые включали в себя бурение скважин, проходку шурфов и др. работы.

В 1866-1866 гг. изыскания по трассе Одесско-Балтийской железной дороги выполнял Барбот де Марни. В 1874 г. А.П.Карпинский и Д.К.Мышенков[1] проводили изыскания по трассе железной дороги «Ст.Лозовая-Севастополь». В 1890-е гг. А.А.Иностранцев, Ф.Ю.Левинсон-Лессинг и Н.М.Каракаш участвовали в изысканиях при строительстве железной дороги на Кавказе (Бондарик, Ярг, 2015).

Академик Александр Петрович Карпинский (1846-1936)

[1] Мышенков Д.К. Геологические исследования по линии Лозово-Севастопольской железной дороги. – Горный журнал, 1874. Т.IV, с. 177-197.

Иван Васильевич Мушкетов
(1850-1902)

Академик Алексей Петрович Павлов
(1854-1929)

Валериан Иванович Курдюмов
(1853-1904)

Карл Иванович Богданович (1864-1947)

И.В.Мушкетов во время подготовки строительства Средне-Азиатской железной дороги проводил геолого-географические изыскания местности. Он также проводил изыскания для строительства «Кругобайкальской железной дороги» (транссибирской магистрали) в Восточной Сибири. В конце XIX в. он вместе с Д.А.Ивановым, А.Штукербергом и А.Дитмаром проводил изыскания для строительства «Перевальной железной дороги через Кавказский хребет». Обобщения своих научных исследований он сделал в фундаментальном труде — «Физической геологии», явившейся новым словом не только в отечественной, но и в мировой науке того времени. В этот период в обиход вошли такие термины, как «геолого-технические» и «технико-геологические» изыскания.

Изучение грунтов для строительного дела российскими инженерами и учеными проходило на протяжении всего XIX в. Так, например, профессор Санкт-Петербургского института путей сообщения Матвей Степанович Волков (1802–1875) с 1831 г. читал там «Курс построений». Им же, по всей видимости, написаны первые русские руководства по грунтоведению и фундаментам: «Записка об исследовании грунтов земли, производимом в строительном искусстве» (1836 г.) и «Об основаниях каменных сооружений» (1840 г.) (Здобин, Свертилов, 2014).

Институтъ Инженеровъ Путей Сообщенія.

КРАТКІЙ КУРСЪ

ОСНОВАНІЙ И ФУНДАМЕНТОВЪ

Рис.1.7. Титульный лист учебника
В.И.Курдюмова, 1895 г.

Становление других разделов инженерной геологии как науки активно проходило в конце XIX – начале XX в. в связи с запросами разных видов строительства и развитием капитализма в России. Проблемы геодинамики в инженерной геологии возникли и изучались до оформления последней в самостоятельную ветвь геологии. Это известно из многочисленных исторических очерков в учебниках по инженерной геологии и монографий по результатам исследований геологических процессов и явлений и связано с именами крупных российских геологов, таких как И.В.Мушкетов, Д.А.Иванов, А.П. Павлов, Л.В.Павлов, К.И. Богданович, А.П.Карпин-

ский, В.И.Меллер, Н.Ф. Погребов, В.П.Ренгартен, И.Гейль, Ф.Н.Чернышов и многих других, принимавших участие в изучении геологических условий строительства железных дорог и других сооружений, включая изучение оползней вдоль трасс.

Исследованием оползней в районе Одессы в конце XIX в. занимались Д.Ф.Жаринцов, К.М.Феофилактов, Н.Розанов, П.А.Тутковский, Кондратович и др. К.М.Феофилактов в 1881 г. опубликовал работу по анализу приднепровских оползней и обвалов в Киеве. В 1884 г. Е.Зенкевич опубликовал статью о плывунах на Оренбургской железной дороге, а в 1885. В.Шукенбург – заметку о пучинах на железных дорогах и мерах борьбы с ними.

В 1887 г. под редакцией И.В.Мушкетова вышел перевод с немецкого монографии К.Вагнера «Приложение геологии к инженерному делу»[1], ставшей, по сути, первой обобщающей работой в области инженерной геологии, изданной на русском языке.

Одним из первых отечественных геотехников был и профессор Санкт-Петербургского института путей сообщения В.И.Курдюмов, который в 1889 г. в монографии «Краткий курс оснований и фундаментов» писал о них как об одном из направлений строительного искусства (рис.1.7).

Российские инженеры В.Н. Николаев и Р.Э. Классон в 1895 г. построили первую в России ГЭС с выработкой трехфазного тока – Охтинскую ГЭС общей мощностью 260 кВт. С этого периодав в России началась развиваться гидроэнергетика.

Особый вклад в становление инженерной геологии в конце XIX-начале XX в. внесли ученые первого высшего технического учебного заведения России – Санкт-Петербургского (затем Ленинградского) Горного института (ныне Санк-Петербургский государственный горный институт [технический университет] – Н.В.Бобков, А.К.Болдырев, Д.И.Мушкетов, Н.Ф.Погребов, А.Д.Стопневич и др. В стенах этого старейшего учебного заведения готовились первые в России горные инженеры, многие из которых занимались вопросами приложения геологии к решению различных инженерных задач, в том числе инженерно-строительных (рис.1.8). Так например, уже в 1916 г. А.Д.Стопневичем и Л.А.Ячевским ставится вопрос о стационарных наблюдениях за оползнями в Поволжье и на Одесском побережье.

В 1903 г. А.Н.Сабанин обосновал метод определения гранулометрического состава грунтов способом двойного отмучивания[2]. В 1912 г. В.П.Глушков обосновал пипеточный способ гранулометрического анализа грунтов.

В период перед Первой мировой войной в 1909-1914 гг. в России проводились съезды «деятелей практической геологии и разведочного дела» – будущих инженер-геологов, на которых шло всестороннее обсуждение вопросов изучения геологических условий строительства различных сооружений и ставились задачи усиления геологической подготовки инженеров-строителей (Бондарик, Ярг, 2015).

Начиная с 1910-х гг. К.К.Гедройц[3] проводил исследования физико-химических особенностей почв, ставшие важными не только для почвоведения, но и для грунтоведения. Он разработал учение о почвенных коллоидах и их роли в образовании почвы и её плодородии. К.К.Гедройц открыл и обосновал «почвенный поглощающий комплекс» — совокупность высокодисперсных минеральных, органоминеральных и органических частиц, обладающих ионообменной способностью.

Таким образом, итогом предыстории развития грунтоведения до начала XX в стали (Грунтоведение, 2005): 1) разработка понимания термина «грунт» как специального, используемого как строителями, так и геологами; 2) существенное продвижение в понимании роли грунтов в обеспечении функционирования строительных объектов; 3) накопление первого практического опыта изучения грунтов разных типов для проектирования инженерных сооружений.

Рис.1.8. Санкт-Петербургский Горный институт (старинный рис.)

[1] Вагнер К Приложение геологии к инженерному делу / пер. с нем. Под ред. И.В.Мушкетова // Сб. Ин-та инж. путей сообщ. – СПб., 1887, вып. XI, с. 1–211.

[2] Сабанин А.Н. Различные способы механического анализа почв и способ двойного отмучивания с малой навеской. – Почвоведение. 1903. № 1. С. 59-64; № 2. С. 121- 128.

[3] Гедройц К. К. Коллоидальная химия в вопросах почвоведения. В 2-х ч. Ч. 1. Коллоидальные вещества в почвенном растворе. Образование соды в почве. Солонцы и солончаки. — СПб.: Бюро по земледелию и почвоведению Уч. комиссии Гл. упр-я землеустройства и земледелия, 1912. 58 с.

1.3. Становление инженерной геологии как науки (начало XX в.)

Становление инженерной геологии как самостоятельной науки явилось ответом на практические запросы, прежде всего различных видов строительства.

Начавшаяся в 1920-е гг. в СССР реализация крупных планов промышленного развития (плана ГОЭЛРО, строительства дорог, каналов, крупных промышленных предприятий, систем орошения и т.д.) требовала уже не просто привлечения геологов, обладающих инженерными знаниями, а подготовки собственно инженер-геологов – специалистов, которые обладали бы знаниями геологии, необходимыми для сооружения различных хозяйственных

объектов. Таким образом, инженерная геология оформлялась как наука в ответ на запросы практики, точнее в ответ на запросы возведения хозяйственных объектов различного назначения.

В 1907 г. Герберт Лэпуорт (H.Lapworth) начал читать лекции по инженерной геологии в Строительном институте в Лондоне. В 1911 году в Лондоне вышла книга Р.Ф. Сорсби "Геология для строителей"[1], предназначеная для строителей и дававшая им начальные сведения по геологии. В ряде британских колледжей в это время стали готовить первых инженер-геологов, которые после их окончания начинали работать на строительстве различных объектов не только в Великобритании, но и за ее пределами уже в качестве инженер-геологов.

Альберт Мориц Аттерберг (1846-1916)

Академик Константин Каэтанович Гедройц (1872-1932)

Реджинальд Уолтер Брок (1874-1935)

В самом начале XX в. важные для грунтоведения исследования провёл шведский химик и почвовед Альберт Мориц Аттерберг (1846-1916). В 1908 г. выделил «глинистую фракцию», к которой отнес частицы размером менее 2 микрон. В 1911 г. он опубликовал важную работу[2], в которой обосновал определяющую роль глинистых частиц в проявлении у глин пластичности, ввел понятие о нижнем и верхнем пределах пластичности и числе пластичности.

Алексей Николаевич Сабанин (1847-1935)

Николай Федорович Погребов (1860-1942)

Пётр Андреевич Земятченский (1856-1942)

В 1909 г. произошла авария 17-метровой плотины Шармэ во Франции, построенной в 1902-1906 гг. Для установления причин катастрофы французский инженер Жан Фонтар (1884-1962) впервые провел крупногабаритные испытания на сдвиг глин, лежащих в основании и теле плотины.

Одним из первых канадских инженер-геологов был Р.У.Брок, избранный в 1914 г. профессором инженерной геологии университета провинции

[1] *Sorsbie R.F.* Geology for engineering. – 1911, London, Chas. Griffin & Co., Ltd, 423 p (2-е издание: *Sorsbie R.F.* Geology for engineers. – 1938, London, G.Bell & Sons, Ltd., 348 p.)

[2] *Atterberg A.M.* Über die physikalische Bodenuntersuchung, und über die Plasti-zität de Tone, – International Mitteilungen für Bodenkunde, Verlag für Fachliteratur. G.m.b.H. Berlin, 1911. Vol. 1, 10–43.

Британская Колумбия.В США впервые учебник под названием «Инженерная геология» был опубликован Генрихом Рисом и Томасом Уотсоном[1] в 1914 г. В этой монографии, великолепно иллюстрированной большим количеством рисунков и фотографий, приводились обширные сведения по геологии США, подземным водам, дренажным системам, основным типам пород и их строительным свойствам (например, для глин приводились данные по их химическому составу, пластичности, деформируемости, адсорбционным свойствам и т.д.), основным геологическим процессам, которые необходимо учитывать при строительстве, а также основным типам полезных ископаемых на территории США и т.п.

В 1920-е гг. в США почвоведами – сотрудниками Департамента сельского хозяйства выполнялись работы по обоснованию ирригации. В частности Уолтер Маклачлин[2] в 1920 г. опубликовал работу по изучению капиллярной воды в грунтах. В этой книге им приводились многочисленные результаты натурных и лабораторных экспериментов по капиллярному поднятию воды в различных грунтах.

Большое значение для становления инженерной геологии и механики грунтов сыграла вышедшая в 1925 г. книга австро-американского геолога и инженера-строителя К.Терцаги «Строительная механика грунтов», а в 1929 г. – «Инженерная геология» К.А.Редлиха, Р.Кампе и К.Терцаги.

Востребованность инженер-геологов на западе была обусловлена еще и тем, что в начале XX в. при строительстве ряда объектов (плотин, дамб и т.п.) произошли серьезные аварии из-за не учёта геологических особенностей на строительных площадках. Они приносили строительным компаниям огромные убытки и их владельцы сразу поняли, что без привлечения геологов им не обойтись.

Карл Терцаги (1883-1963)

Артур Казагранде (1902- 1981)

Лауритс Бьеррум (1918-1973)

Однако на западе инженерная геология развивалась как геотехническое направление или «геотехника», в которой на первое место выдвигался физико-математический анализ процессов, происходящих в грунтах, а историко-геологический и генетический анализ отходил на второй план. При этом грунт рассматривался как механическая система, состоящая из механических элементов – частиц, между которыми находилась вода или воздух. Учет физико-химических явлений на границах и контактах этих частиц не проводился. Именно в рамках этого направления сформировалась и механика грунтов, основателем которой был К.Терцаги. Работая в 1919-1924 гг. в Турции и изучая пять различных типов глин (с числом пластичности, меняющимся от 18 до 38), он сформулировал основные закономерности теории консолидации грунтов, которые затем опубликовал в Вене в 1925 г[3]. Эта книга получила широкую известность и открыла новый этап в развитии механики грунтов. С 1925 по 1939 гг. он работал то в Европе, то в Гарвардском университете США.

В 1939 г. на первой международной конференции К.Терцаги был избран президентом Международного общества по механике грунтов и фундаментостроению. Среди тем конференции рассматривались такие вопросы как: 1) эффективное напряжение в грунтах; 2) прочность грунтов на сдвиг; 3) тестирование грунтов коническим пластомером (голландская технология); 4) консолидация грунтов; 5) текучесть глин; 6) динамические свойства и разжижение грунтов и т.д. (Skempton, 1985).Наряду с К.Терцаги значительный вклад в механику грунтов внес А.Л.Бэлл (1874-1956), А.Казагранде, Р.Пек Л.Бьеррум и др. Особенно широкое развитие геотехника получила в Швеции, Норвегии, Германии, Великобритании и США.

Артур Лэнгли Бэлл британский инженер-строитель, работая на строительстве дамб и др. сооружений в 1915 г. изучил влияние бокового давления на сопротивление глин недренированному сдвигу[4].

[1] *Ries H. & Watson T.L.* Engineering geology. – New York, John Wiley & Sons, Inc. 1914. 672 p.

[2] *McLaughlin W.W.* Capillary movement of soil moisture. – Washington. US Dept. of Agriculture. Bull. No 835. 1920, 70 p.

[3] *Terzaghi, K.* Erdbaumechanik auf Bodenphysikalisher Grundlage, Deuticke, Vienna. 1925.

[4] *Bell, A.L.* The Lateral Pressure and Resistance of Clay, and Supporting Power of Clay Foundations. – Min. Proceeding of Institute of Civil Engineers, 1915.Vol. 199, 233–272.

Григорий Дмитриевич Дубелир (1874-1942)

Шведский инженер Волмар Феллениус (1876-1957) разрабатывал схемы оценки устойчивости склонов, сложенных глинистыми грунтами. В 1918-1926 гг. он обосновал метод оценки устойчивости склонов, смещаемых по кругло-цилиндрической поверхности[1] (Skempton, 1985).

В Великобритании значительную роль как организатор инженерной геологии в стране сыграл Рудольф Глоссоп (1902-1993). Он был создатель Британского инженерно-геологического общества (ныне Британская инженерно-геологическая ассоциация) и Инженерной группы Британского геологического общества, а также основал научные журналы «Геотехника» и ежеквартальный журнал «Инженерная геология».

В Японии инженерная геология стала развиваться с конца 1920-х – начала 1930-х гг. и сначала была ориентирована на изучение свойств дорожно-строительных материалов, подчиняясь Министерству внутренних дел. Когда же в 1931 г. в префектуре Осака произошел крупный оползень, нанесший значительный ущерб, инженер-геологи стали привлекаться для решения вопросов устойчивости грунтовых массивов. Со второй половины 1930-х гг. с помощью инженер-геологов стали реализовываться крупные строительные проекты – строительство дорожных туннелей, мостов, плотин и т.п., в том числе с использованием методов инженерной геофизики – сейсморазведки и электроразведки.

В предреволюционной России в самом начале XX в. также активно проходило становление механики грунтов и геотехники. Яркими представителями геотехники в России были один из основоположников мировой геотехники профессор института путей сообщения Л.Н.Бернацкий и профессор Киевского политехнического института Г.Д.Дубелир. Так, например, Л.Н. Бернацкий в 1916 г. опубликовал на шведском языке классический труд «Деформации земляного полотна», в котором попытался объединить геологию и строительство в новую науку — геотехнику. Итогом его работ стала выпущенная в СССР уже в 1935 г. монография «Прикладная геотехника».

[1] *Fellenius W.* Kaj-och Jordrasen I Göteborg. – Teknisk Tidskrift.. 1918. Vol. 48, 17–19.

Вениамин Васильевич Охотин (1888-1954)

Михаил Михайлович Филатов (1877 -1942)

Николай Васильевич Бобков (1883-1938)

Г.Д.Дубелир, впоследствии декан и заведующий кафедрой «Изысканий и проектирования дорог» в Московском автодорожном институте, в 1914 г. опубликовал монографию «Грунтовые дороги», в которой суммировал все накопленные знания того времени по изысканиям, дорожным материалам и строительству дорог (Здобин, Свертилов, 2014).

В СССР же развитие инженерной геологии с самого начало происходило на историко-геологической и генетической основе. При этом становление грунтоведения на начальном этапе шло как бы параллельно с развитием инженерной геодинамики (в современном ее понимании), которую в тот период и называли «инженерной геологией».

Оформление инженерной геологии как науки в СССР происходило особенно интенсивно в 1920-е годы, когда стали появляться первые государственные специализированные инженерно-геологические организации.

Михаил Иванович Сумгин (1873-1942)

Михаил Иванович Кучин (1887-1963)

Академик Фёдор Петрович Саваренский (1888-1946)

По предложению И.Г.Александрова в 1921 г. было создано проектное учреждение «Днепрострой» с целью проведения изысканий и строительства ДнепроГЭСа, которое продолжалось с 1927 до 1933 гг. ДнепроГЭС стал основой южной энергетической системы страны, на нем был накоплен первый опыт строительства крупных гидроузлов.

В 1923 г. в Ленинграде при Ленинградском сельскохозяйственном институте под руководством Н.И.Прохорова было создано Дорожно-исследовательское бюро, в котором, почвоведами П.А.Земятченским, В.В.Охотиным и Н.Н.Ивановым было организовано исследование грунтов для дорожного строительства. Возникло «дорожное грунтоведение», которое позже с расширением круга решаемых задач стало называться более широко – грунтоведение.

В 1925 г. в Госгеолкоме был организован отдел подземных вод, занимавшийся исследованием оползней в Крыму. В 1929 г. отдел был преобразован в Центральный институт гидрогеологии и инженерной геологии (ИНГИДРОИНЖ). В 1926 г. при Институте сооружений ВСНХ было создано бюро подземных вод, которое возглавил В.С.Ильин. В 1930 г. в ЦНИГРИ создан сектор гидрогеологии и инженерной геологии, в котором работали Н.Ф.Погребов, Г.П.Синягин, В.Ф.Пчелинцев, А.П.Нифантов. Сотрудники сектора занимались, в том числе, и изучением оползней Южного берега Крыма (Бондарик, Ярг, 2015). Специализированными исследованиями по строительству гидротехнических сооружений в Крыму до 1930 г. занимался Н.В.Бобков.

И.В.Попов в 1926 г. организовал в Кубанском сельскохозяйственном институте одну из первых лабораторий по изучению состава и свойств грунтов для целей создания мелиоративных систем. Через год, в 1927 г. в Донском политехническом институте (г.Новочеркасск) создается аналогичная лаборатория под руководством В.И.Иосса.

Однако в России была определенная нехватка кадров геологов, способных решать инженерные задачи для разных видов строительства. Поэтому началась их подготовка в различных вузах: в 1930 г. П.А.Земятченским была создана кафедра грунтоведения в Ленинградском университете, а в 1938 г. М.М.Филатовым – в Московском университете. К концу 1929 г. в Ленинградском Горном институте произошло окончательное оформление научного инженерно-геологического направления. В этом году в Горном институте были открыты три новые кафедры: инженерной геологии (проф. Н.В.Бобков) – первую в стране и мире, гидрогеологии (проф. П.И.Бутов) и минеральных вод (проф. Н.Н.Славянов). С 1930 по 1937 гг. кафедру инженерной геологии возглавлял профессор Н.В.Бобков – выпускник Горного института (1914). В 1931 г. он создал в институте лабораторию по исследованию физико-механических свойств грунтов – одну из первых в стране. С 1938 г. единую кафедру инженерной геологии и гидрогеологии возглавил профессор Н.И.Толстихин, а позже – с 1973 г. – профессор В.Д.Ломтадзе.

В 1929-1930 гг. по инициативе М.И.Кучина была создана кафедра гидрогеологии и инженерной геологии в Томском политехническом институте. Позже в 1954 г. по его же инициативе была создана кафедра инженерной геологии, оснований и фундаментов в Томском инженерно-строительном институте.

В 1934 г. в Сибстрине (ныне Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет) А.В.Силенко создал кафедру «Оснований и фундаментов» позже преобразованную в кафедру «Инженерной геологии оснований и фундаментов». Здесь была открыта лаборатория механики грунтов и началась подготовка геотехников. Одним из основателей в СССР механики грунтов был Н.М.Герсеванов.

В целом развитию грунтоведения в СССР в первой половине XX в. обязаны М.М.Филатову, В.В.Охотину, В.А.Приклонскому, Б.М.Гуменскому, С.С.Морозову.

Уже в первые годы Советской власти рядом ученых, в основном «классических геологов» поднимается вопрос о необходимости систематического изучения и контроля за развитием негативных экзогенных процессов. Так, в 1924 г. необходимость изучения динамики оползней была высказана Д.И.Мушкетовым и Н.Ф.Погребовым в Геологическом комитете страны. На Втором Всесо-

южном гидрогеологическом съезде в 1928 г. Н.Ф.Погребов изложил методы и программу изучения оползневых явлений, в том числе на оползневых станциях. Первая такая оползневая станция в нашей стране была создана в Крыму на Кучук-Койском оползне в 1930 г. Одновременно была издана инструкция по наблюдению за оползнями, составленная Ф.Ф.Голынцом (Круподеров, 2001). Н.Ф.Погребов был научным руководителем работ по изучению крымских оползней в течение 1924-1932 гг.

Наряду с грунтоведением проходило становление и других разделов инженерной геологии, прежде всего инженерной геодинамики. Инженерная геодинамика – раздел инженерной геологии, изучающий природные геологические процессы и явления, определяющие инженерно-геологические условия освоения территорий, а также процессы и явления, возникающие в результате взаимодействия инженерных сооружений с этими условиями, сформировался трудами Ф.П. Саваренского и И.В. Попова.

Григорий Николаевич Каменский
(1892-1959)

Член-корр. АН СССР
Николай Михайлович Герсеванов
(1879-1950)

Александр Васильевич Силенко
(1884-1965)

Основоположником и главным теоретиком инженерной геодинамики в нашей стране был академик Ф.П.Саваренский, выпускник Московского университета, друг и соратник В.И.Вернадского и В.В.Докучаева,.Он одним из первых с начала 1920-х годов стал изучать процессы переработки берегов водохранилищ, динамику склоновых процессов и явлений, разработал методики инженерно-геологических исследований для строительства высокоэтажных зданий и строительства метрополитена в Москве. Он автор первых отечественных учебников по инженерной геологии и гидрогеологии, вышедших в 1930-е годы. Уже в 1931 г. под его редакцией вышла серия инструкций по проведению инженерно-геологических изысканий.

В СССР на этой стадии формирования инженерной геодинамики решающее значение имело гидротехническое строительство, являвшееся частью плана электрификации страны – плана ГОЭЛРО. Для строительства гидротехнических сооружений мало знать особенности грунтов. Еще до начала строительства, на стадии выбора наилучшего варианта участка и объективной оценки конкурирующих вариантов размещения сооружения необходимо иметь сведения о геологическом строении территории, ее динамике, развитии на ней различных геологических процессов и явлений, которые протекают или могут возникнуть в результате строительства. Изучение этих вопросов и является предметом исследования инженерной геодинамики.

В становление инженерной геодинамики в СССР на этом этапе огромный вклад внесли основополагающие работы Н.В.Бобкова, А.К.Болдырева, В.С.Ильина, Г.Н.Каменского, М.И.Кучина, Ф.Ф.Лаптева, Н.Н.Маслова, П.Н.Панюкова, В.А.Приклонского. Н.Ф.Погребова, И.В.Попова, В.Ф.Пчелинцева, Ф.П.Саваренского, М.П.Семенова, А.Д.Стопневича, В.А.Страхова, М.И.Сумгина, Н.И.Толстихина и др. Они активно участвовали в работах по проектированию и изысканиях под строительство различных гидротехнических сооружений на Волге, Свири, Днепре и Ангаре, по трассе канала «Волга-Москва», «Беломоро-Балтийскому каналу» и др. В 1930 г. из треста «Энергострой» был выделен трест «Гидроэлектрострой», ведуший в СССР работы по изысканиям, проектированию и сооружению гидроэлектростанций. Впоследствии он был преобразован в институт «Гидропроект».Уже в 1930-е годы профессор МГРИ Г.Н.Каменский определил «инженерно-геологические процессы» как «изменения, происходящие в геологической среде под воздействием строящихся и эксплуатируемых сооружений».

В 1931 г. в Ленинграде состоялся I-й Всесоюзный гидрогеологический съезд, на котором, в том числе, обсуждались и многие вопросы инженерно-геологических исследований, и решения которого оказали большое влияние на развитие инженерной геологии (рис.1.9). Выступая на съезде, Г.Н.Каменский определил профиль специалистов по инженерной геологии и наметил основные положения плана их подготовки (Бондарик, Ярг, 2015).

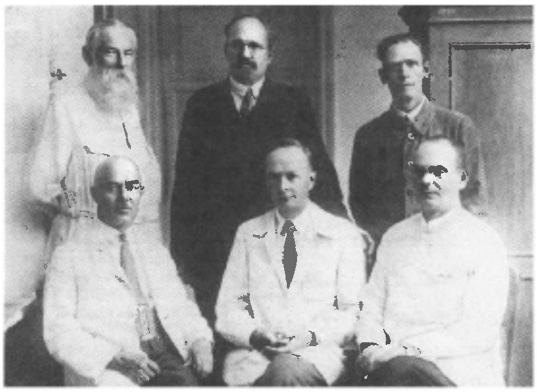


Рис.1.9. Участники I-го Всесоюзного съезда гидрогеологов (слева-направо) стоят: Н.Ф.Погребов, Н.Н.Славянов, П.И.Бутов; сидят: М.М.Василевский, Ф.П.Саваренский, Н.В.Бобков (Ленинград, 1931 г.)

Начиная с 1932 г. научная деятельность И.В.Попова была связана с гидротехническим строительством. Он руководил изысканиями для проекта Большой Волги в 1930-х гг., являлся экспертом и консультантом ряда крупнейших послевоенных строек в стране: Волго-Дона, Мингечаурской, Токтогульской ГЭС, Московского метро, комбинатов КМА, СУБРа и многих др.

В 1932 г. в Москве была создана лаборатория инженерной геологии при Главном геолого-геодезическом управлении Наркомтяжпрома, в работе которой участвовали Ф.П.Саваренский и И.В.Попов. В этом же году в институте Гидротехгео был организован отдел инженерной геологии, в котором работали Г.В.Богомолов и М.П.Семёнов (Бондарик, Ярг, 2015).

В 1932 г. была опубликована монография М.М.Филатова «Почвы и грунты в дорожном деле», в которой были обобщены имеющиеся на тот момент сведения в области дорожного грунтоведения. В этой работе развивалось физико-химическое направление исследования грунтов, кото-рое во многом «подпитывалось» успехами почвоведов в исследовании физико-химической обменной способности, в особенности работами К.К.Гедройца[1].

Рис. 1.10. Строительство станции «Охотный ряд» Московского метро, 1934 г.

В 1934 г. в стране было организовано проведение I-го Всесоюзного оползневого совещания. На нем обсуждались различные вопросы изучения динамики оползневых явлений, а в решении совещания ставилась задача «...Срочно организовать опорную сеть стационарного изучения оползневых процессов в основных и типичных оползневых районах Союза...». Однако, эта цель тогда не была реализована, а изучение склоновых процессов проводилось лишь на разрозненных станциях. В 1939 г. была опубликована монография В.Ф.Пчелинцева по методике стационарных наблюдений за оползнями, обобщившая опыт работ Крымской оползневой станции. В 1935 г. была издана работа А.П.Нифантова[2], ставшая одним из первых теоретических исследований по оползням.

Рис. 1.11. Строительство Беломоро-Балтийского канала, 1932 г.

Большой практический опыт подземного строительства был приобретен инженер-геологами в 1930-е гг. при строительстве Московского метрополитена, организацией инженерно-геологических изысканий руководил Ф.П.Саваренский (рис.1.10).

В 1935 г. при Геологическом институте (ГИН АН СССР) был организован гидрогеологический отдел с сектором инженерной геологии, который возглавил Ф.П.Саваренский. В секторе работали его ученики и соратники В.А.Приклонский и Н.В.Коломенский. В 1940 г. отдел был переведен во Всесоюзний НИИ гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО) Геолкома СССР, в котором руководящие посты занимали Г.В.Богомолов, В.А.Приклонский и В.М. Файнциммер. Одновременно при АН СССР была организована гидрогеологическая комиссия во главе с Ф.П.Саваренским, которая в 1944 г. была преобразована в Лабораторию гидрогеологических проблем. С 1947 г. лабораторию возглавляли Г.Н.Каменский, Н.Н.Славянов, В.А.Приклонский и И.В.Попов.

В 1930-е годы также были созданы отделы и бюро по инженерной геологии во многих проектных организациях Гидроэлектропроекта, тресте Москва-Волгострой, Союзтранспроект, Мостранспроект и др. В этот же и последующий период интенсивное развитие инженерной геологии было связано с проектированием и строительством крупных гидротехнических сооружений: Беломоро-Балтийского канала (рис.1.11), Канала им. Москвы, комплекса гидроузлов

[1] К сожалению, именно в 1932 г. К.К.Гедройц был арестован по ложному обвинению и скончался в том же году в Москве.

[2] Нифантов А.П. Оползни, теория и практика их изучения. // Тр. ЦНИГРИ: сб. работ Крымской ополз. станции. – Л.-М.: 1935, вып. 32. Сб.2, 202 с.

на Волге и Днепре, а также в Грузии, Армении, Азербайджане, Дагестане и в республиках Средней Азии. Кроме того инженерно-геологические исследования развивались в связи с индустриализацией страны в 1920-1930-е гг. и строительством крупных промышленных комплексов на Урале, Новомосковске, Кузнецке, Запорожье, созданием мелиоративных систем в Заволжье, Белоруссии, на Кавказе и в Средней Азии. В реализации этих исследований участвовали крупнейшие проектно-изыскательские организации: Гидроэнергопроект, Гидропроект, Водгео, Гидротехгео, Институт пути и др. (Бондарик, Ярг, 2015).

Одновременно с этим в ряде проектных организаций в 1930-е гг. были подготовлены и изданы серии первых нормативных документов по инженерно-геологическим изысканиям для разных видов строительства: в Гидротехгео издается инструкция по лабораторным экспериментальным работам по инженерной гидрогеологии (1932); в Гидроэлектропроекте издается инструкция по инженерно-геологическим исследованиям. В 1937 г. М.П.Семёнов, Н.Н.Биндеман и М.Н.Гришин издали «Методику инженерно-геологических исследований для гидротехнического строительства».

В этот же период в СССР были опубликованы первые учебники и учебные пособия по инженерной геологии, среди которых «Инженерная геология. Курс лекций» Ф.П.Саваренского (1937) и «Справочник по инженерной геологии» под его редакцией (1939).

Таким образом, инженерная геология в СССР оформилась уже в 1930-е годы, параллельно развиваясь в основном в двух научных направлениях: грунтоведении и инженерной геодинамике (в современном понимании). Это является главной особенностью данного этапа развития инженерной геологии в нашей стране (Теор. основы..., 1985, т.1, с.7).

Однако, начавшаяся Великая отечественная война перестроила работу инженер-геологов, ориентируя их на решение военных вопросов. Перед самой войной вышел учебник И.В.Попова «Основы инженерно-геологического грунтоведения» (1941), а во время войны – учебник В.А.Приклонского «Общее грунтоведение» (1943). В этот период большинство инженер-геологов служили и работали в инженерных войсках и военно-геологических отрядах Главвоборонстроя, решая практические вопросы водоснабжения армии, строительства оборонительных сооружений, дорог, переправ и т.п.

Во второй половине 1940-х годов инженер-геологи занимались восстановлением разрушенного хозяйства после чего, с 1950-х гг. начался новый этап развития инженерной геологии.

1.4. Развитие инженерной геологии во второй половине XX в.

После ВОВ одновременно с восстановлением разрушенного хозяйства в СССР началась реализация целого ряда крупных строительных и промышленных объектов: новых городов, гидроэлектростанций, атомных электростанций, крупных промышленных предприятий различного назначения. С началом разработки в 1950-1960-е гг. крупнейших нефтяных и газовых месторождений в Западной Сибири началось строительство протяженных магистральных трубопроводов. Всё это требовало оценки инженерно-геологических условий на обширных территориях страны, в связи с чем увеличилась востребованность в специалистах-грунтоведах, специалистах в области инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии.

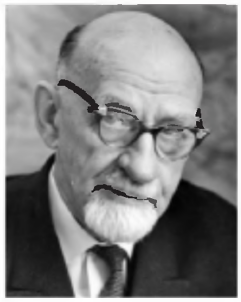
Во второй половине XX в. начался новый важнейший этап в развитии инженерной геологии, который характеризуется необычайной плодотворностью достижений во всех ее научных направлениях, а также, что особенно важно, – формированием системы теоретических обобщений, знаменующих переход от эмпирического, к теоретическому уровню исследований.

1.4.1. Развитие грунтоведения во второй половине XX в.

В области грунтоведения в этот период были достигнуты огромные успехи, благодаря накоплению многочисленных сведений о различных грунтах, внедрению новых методов их изучения. Грунтоведение оформилось как научное направление инженерной геологии, включающее общее грунтоведение, геодинамическое грунтоведение и региональное грунтоведение (Грунтоведение, 2005). В этот период большой вклад в развитие этого направления внесли:

В.А.Приклонский, Е.М.Сергеев, В.Д.Ломтадзе, Н.Я.Денисов, И.М.Горькова, А.К.Ларионов, Г.К. Бондарик, В.Т.Трофимов, В.И.Осипов и многие др.

В.А.Приклонский – выпускник Московского университета (1920), ученик Ф.П.Саваренского, профессор МГРИ, член-корр. АН СССР, лауреат Государственной (Сталинской, 1952) премии, внес существенный вклад во все три научных направления инженерной геологии, включая грунтоведение. В 1950-60-х гг. им были сформулированы основные проблемы инженерной геологии, актуальный в тот период времени. Это определило развитие инженерной геологии на несколько десятилетий. В области грунтоведения он сформулировал положение о стадиях и этапах формирования свойств пород в процессе петрогенеза (литогенеза); выделил прогрессивный и регрессивный литогенез; разработал генетическую инженерно-геологическую классификацию пород. Им была обоснована и разработана общая схема комплексного инженерно-геологического изучения пород; проведена инженерно-геологическая оценка и систематизация природных физико-геологических и инженерно-геологических процессов.

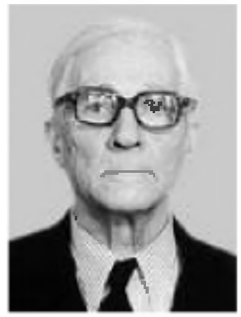


Иван Васильевич Попов
(1889-1974)

Сергей Сергеевич Морозов
(1898-1971)

Член-корр. АН СССР
Виктор Александрович Приклонский
(1899-1959)

Николай Николаевич Маслов
(1898-1986)



Борис Фридрихович Рельтов
(1898-1991)

Виктор Анатольевич Флорин
(1899-1960)

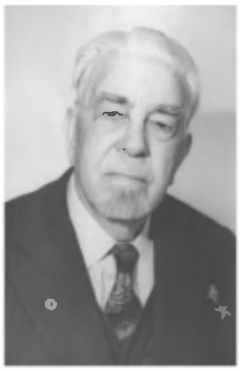
В 1949 и 1952 гг. Е.М.Сергеевым было издано «Общее грунтоведение», задавшее «вектор» развития этого направления на несколько десятилетий. Постоянно совершенствуя и обновляя этот учебник, Е.М.Сергеев издавал его в 1959 (2-е изд.), в 1971 (3-е изд.), в 197.. (4-е изд.) и в 1983 гг. (5-е изд.). Это последнее издание, написанное им совместно с В.И.Осиповым, Г.А.Голодковской, В.Т.Трофимовым и Р.С.Зиангировым, в 1988 г. было отмечено Государственной премией СССР.

В исследование глинистых грунтов в этот период значительный вклад внесли:

И.М.Горькова, Р.Э.Дашко, Н.Я.Денисов, Р.С.Зиангиров, И.Г.Коробанова, В.А.Королёв, Л.И.Кульчицкий, В.Д.Ломтадзе, Н.В.Орнатский, С.Р.Месчян, В.И.Осипов, В.Н.Соколов и многие др.

Исследованиями И.М.Горьковой, Г.Г.Ильинской, В.И.Осипова, И.В.Попова, В.Н.Соколова, Л.К.Танкаевой и др. были разработаны представления о структурных связях в грунтах, их природе и особенностях. Существенное развитие получили исследования компонентного состава, видов воды и физико-химических свойств дисперсных, главным образом, глинистых грунтов; была разработана теория двойного электрического слоя в грунтах. В эти исследования внесли вклад:

Р.И.Злочевская, В.А.Королев, Л.И.Кульчицкий, Ф.Д.Овчаренко, Е.М.Сергеев и др.



Член-корр. АН СССР
Никоай Александрович Цытович
(1900-1984)

Фёдор Васильевич Котлов
(1905-1991)

Роман Романович Тиздель (1906-1999)

В исследование инженерно-геологических особенностей лёссовых грунтов большой вклад внесли:

Ю.М.Абелев, В.П.Ананьев, Л.Г.Балаев, В.С. Быкова, Н.В.Воляник, Б.Ф.Галай, И.М.Горькова, Н.Я.Денисов, Н.Н.Комиссарова, В.И.Коробкин, Н.И.Кригер, В.И.Крутов, А.К.Ларионов, М.П.Лысенко, Г.А.Мавлянов, А.В.Минервин, Ф.А. Никитенко, И.П.Иванов, Е.М.Сергеев, В.Т.Трофимов, П.В.Царёв, Я.Е.Шаевич и др.

Изучению инженерно-геологических особенностей песчаных грунтов были посвящены важнейшие работы И.В.Дудлера, В.А.Дуранте, А.Д.Потапова, П.И.Фадеева и др.

Значительные успехи были достигнуты в инженерно-геологическом исследовании скальных грунтов благодаря работам:

Г.В.Алексеева, А.А.Варги, Г.А.Голодковской, С.Г.Дубейковского, Н.С.Красиловой, В.М.Ладыгина, В.М.Раца, А.И.Савича, Ю.В.Фроловой, С.Н. Чернышева, Л.В.Шаумян и многих др.

В изучение мёрзлых грунтов большой вклад внесли:

Б.И.Втюрин, С.С.Вялов, С.Е.Гречищев, Б.Н.Достовалов, Г.И.Дубиков, Э.Д.Ершов, Т.Н.Жесткова, Е.М.Катасонов, Ю.П.Лебеденко, Н.Ф.Полтев, Л.Т.Роман, Б.А.Савельев, А.Д.Фролов, Н.А.Цытович, В.Г.Чеверёв,П.Ф.Швецов, П.А.Шумский, Е.П. Шушерина и др.

Исследованию динамических свойств грунтов посвящены работы:

И.М.Горьковой, О.Я.Шехтер, Д.Д.Баркана, В.Н.Кутергина, К.А.Кожобаева, Е.А.Вознесенского и др.

Пантелеймон Николаевич Панюков
(1908-1974)

Михаил Наумович Гольдштейн (1910-1993)

Сергей Степанович Вялов (1910-1998)

Николай Яковлевич Денисов
(1908-1966)

Академик Евгений Михайлович Сергеев
(1914-1997)

Ирина Михайловна Горькова (1912-1972)

Степан Рубенович Месчян (1922-2012)

Валерий Давидович Ломтадзе (1912-1993)

Рэм Сабирович Зиангиров

Одним из первых отечественных специалистов по механике грунтов, занимавшихся изучением первых грунтов Луны автоматическими станциями Луна-9, Луна-13 и Луноход-1, был И.И.Черкасов – создатель грунтоведения Луны.

После Второй мировой войны за рубежом стали возрождаться исследования в области механики грунтов. На второй Международной конференции Международного общества по механике грунтов и фундаментостроению, состоявшейся в 1948 г. в Роттердаме (Нидерланды) Э.У.Скэмптон[1] представил теорию устойчивости глин с нулевым углом внутреннего трения. После этого конференции общества созывались регулярно каждые четыре года, в 1978 г. конференция проходила в Москве. В 1997 г. общество было преобразовано в Международное общество по механике грунтов и геотехнике (International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE).

Вслед за К.Терцаги в рассматриваемый период президентами этого общества (ISSMGE) избирались: 1957–1961 Э.Скэмптон (A.W.Skempton, Великобритания); 1961–1965 – А.Казагранде (A.Casagrande, США); 1965–1969 – Л.Бьеррум (L.Bjerrum, Норвегия); 1969–1973 – Р.Б.Пек (R.B.Peck, США); 1973–1977 – Ж.Керисел (J.Kerisel, Франция); 1977–1981 – М.Фукуока (M.Fukuoka, Япония); 1981–1985 – Виктор де Мелло (V.F.B. de Mello, Бразилия); 1985–1989 – Б.Бромс (B.B.Broms, Сингапур); 1989–1994 – Н.Моргенштерн (N.R.Morgenstern, Канада); 1994–1997 – М.Джамолковски (M.Jamiolkowski, Италия); 1997–2001 – К.Ишихара (K.Ishihara, Япония).

[1] *Skempton, A.W.* The φ=0 Analysis of Stability and Its Theoretical Basis," Proceedings, II International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rotterdam, 1948. Vol. 1, 72–78.

Т.Уильям Лэмб

Джеймс К.Митчелл

Норберт Моргенштерн

Среди иностранных инженер-геологов, внесших большой вклад в изучение различных особенностей грунтов, следует отметить К.Терцаги, Э.У.Скэмптона, И.Т.Розенквиста (рис.1.12), А.Кезди, Т.Лэмба, Р.Б.Пека, А.Казагранде, Д.У.Тейлора, Дж.К.Митчелла, А.У.Бишопа и многих лр. Наряду с многочисленными работами Э.У.Скэмптона по механике грунтов, необходимо отметить его труды по истории инженерной геологии и гражданскому строительству (Skempton, 1985).

Рис.1.12. Профессор Н.В.Орнатский и И.Розенквист, геологический факультет МГУ, 1967 г.

Наряду с природными изучались также искусственные грунты, методы их создания и управления свойствами. Практическое направление этих исследований оформилось в виде технической мелиорации пород. Наиболее существенный вклад в развитие этого направления и исследование техногенных грунтов внесли В.В.Аскалонов, А.П.Афонин, В.М.Безрук, С.Д.Воронкевич, Л.В.Гончарова, В.М.Кнатько, Ф.В.Котлов, С.С.Морозов, С.К.Николаева, Е.Н.Огродникова, Б.А.Ржаницын, В.И.Сергеев, В.Е.Соколович и др.

1.4.2. Развитие инженерной геодинамики во второй половине XX в.

Дальнейшее развитие инженерной геодинамики в этот период в бывшем СССР проходило в связи с новыми запросами строительства. В первые послевоенные годы (1946- начало 1950-х гг.) инженерная геодинамика развивалась в связи с восстановлением разрушенного в войне хозяйства и промышленности. С начала 1960-х годов инженерная геодинамика развивалась в связи с расширением крупного гидротехнического строительства, а также освоением крупных регионов Сибири, Средней Азии и Дальнего Востока СССР. Большой вклад в инженерную геодинамику в этот период внесли сотрудники ВСЕГИНГЕО (рис.1.13), Гидропроекта, ПНИИИСа (рис.1.14), а также многих высших учебных заведений. Среди них следует отметить В.А.Приклонского, И.В.Попова, В.Д.Ломтадзе, Г.С.Золотарева, П.Н.Панюкова, И.С.Комарова, А.И.Шеко, Г.К.Бондарика и многих др.

Николай Васильевич Коломенский (1909-1974)

Михаил Васильевич Чуринов
(1910-1986)

Георгий Сергеевич Золотарев
(1914-2006)

Большой вклад в становление и развитие инженерной геодинамики внёс И.В.Попов – крупнейший инженер-геолог, профессор кафедры грунтоведения и инженерной геологии МГУ, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Ленинской (1982) и Государственной (Сталинской, 1952) премий СССР. Он разрабатывал различные проблемы инженерной геодинамики: региональное изучение оползней, карста, просадок в лёссах и др. геологические явления. Внедрял новые методы и технические средства при оценке инженерно-геологических условий и прогноза их изменения; разрабатывал вопросы прогнозирования и обоснования мер управления геологическими и инженерно-геологическими процессами. Предложил использовать методы физического моделирования при изучении ряда геологических процессов, создал на кафедре грунтоведения и инженерной геологии в МГУ лабораторию инженерно-геологического моделирования.

И.В.Поповым были изданы многие учебники и учебные пособия по инженерной геологии, сыгравшие в свое время весьма важную методологическую роль. В 1959 г. он издал учебник «Инженерная геология», в котором были обобщены новейшие на тот момент достижения инженерной геологии.

Игорь Александрович Печеркин
(1928-1991)

Элис Уистли Скэмптон
(1914-2001)

Алан Уилфред Бишоп
(1920-1988)

Лидия Ильинична Нейштадт
(1908-1995)

Леонид Дмитриевич Белый (1910-2010)

Степан Валерьянович Дроздов (1917-1996)

Научные положения, выдвинутые Ф.П.Саваренским и И.В.Поповым, дали толчок к проведению огромного объема исследований геологических процессов и явлений на территории Евразии в связи со строительством разных по назначению и масштабам инженерных сооружений. По результатам этих исследований опубликовано большое количество монографий и статей, проведено много совещаний, семинаров и конференций. В 1951 г. вышел из печати учебник И.В.Попова «Инженерная геология», в котором он определил инженерную геологию как науку, являющуюся «отраслью геологии, изучающей динамику верхних горизонтов земной коры в связи с инженерной деятельностью человека». Окончательное оформление инженерной геодинамики произошло в результате появления двух учебников для вузов — В.Д.Ломтадзе (1977) и Г.С.Золотарева (1983) (Иванов, Тржшинский, 2001).

Н.В.Коломенский ввел понятие «инженерно-геологический элемент» (ИГЭ) и обосновал методику его выделения на основе статистических методов. Это дало существенный импульс развития инженерно-геологических изысканий.

Рис.1.13. Здание ВСЕГИНГЕО в пос. Зеленый Московской области

Роль человеческой деятельности, которая подчеркивалась многими исследователями, в особенности после выхода известной монографии А.В.Сидоренко «Человек, техника, Земля» (1967), была отмечена И.В.Поповым еще в 1951 году. В своем учебнике он подчеркивал «внедрение понятия инженерной деятельности человека как геологического фактора» как одну из прогрессивных черт развития отечественной инженерной геологии за последние 10-15 лет (речь идет о периоде активной деятельности Ф.П. Саваренского и его последователей). В связи с этим И.В.Попов (1951) впервые высказал идею о новом понимании будущих задач инженерной геологии «как науки, изучающей взаимодействие инженерных сооружений и хозяйственно-технической деятельности вообще с природной геологической обстановкой, а именно активное воздействие человека на эту обстановку соответствующими техническими мероприятиями» (Иванов, Тржцинский, 2001).

Среди иностранных инженер-геологов, внесших существенный вклад в развитие инженерной геодинамики, разработку методов оценки устойчивости склонов и т.п. следует отметить работы Д.У.Тейлора[1], А.У.Бишопа и др. Исследованиями А.У.Бишопа и Б.Хенкеля в 1957 г. были выявлены основные закономерности прочности грунтов в условиях трёхосного сжатия[2] (Skempton, 1985).

Рис.1.14. Здание ПНИИИС в Москве

Развернувшееся в СССР во второй половине XX в. крупное гидротехническое строительство (прежде всего в районах Сибири и Дальнего Востока, а также на Волге, Каме, Днестре, в Средней Азии), строительство атомных электростанций, а также комплексное инженерно-хозяйственное освоение больших регионов Западной и Восточной Сибири в связи с разработкой крупных месторождений нефти и газа вызвало необходимость изучения геодинамики крупных территорий страны.

Стали появляться из печати работы, обобщающие опыт инженерно-геологического изучения динамики различных процессов. В 1956 г. была опубликова-

[1] *Taylor D. W.* Fundamentals of Soil Mechanics. – John Wiley, New York. 1948.

[2] *Bishop A.W. and Henkel B. J.* The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test, Arnold, London. 1957.

на фундаментальная монография Е.П.Емельяновой «Методическое руководство по стационарному изучению оползней», не потерявшая своей актуальности до настоящего времени. С 1954 г. на базе Гидрометслужбы СССР началось систематическое изучение селей, а уже в 1961г. И.П.Смирновым были опубликованы методические указания по инженерно-геологическим наблюдениям за селевыми потоками.

Рис.1.15. Перекрытие прорана Асуанской ГЭС, 1965 г.

В 1962 г. на базе объединения изыскательских организаций «Гидропроект» и треста «Гидроэнергопроект» создается институт «Гидропроект им. С.Я.Жука», ставший головной организацией в стране по проектированию гидроэнергетических сооружений. В работе этого института большую роль сыграл Л.Д.Белый (1905-1984) – выпускник геологического ф-та МГУ, профессор, лауреат Государственной премии СССР (1952), Заслуженный геолог РСФСР, заведующий кафедрой МИСИ. Его заслугами являются обоснование состава и стадийности инженерно-геологических изысканий (в том числе для гидротехнического строительства), о зависимости объема и глубины изысканий от сложности геологического строения территорий, площади и конструкции сооружений.

В тресте «Гидроэнергопроект» он организовал выпуск инженерно-геологических нормативно-методических документов; одним из первых поднял вопрос о необходимости изучения грунтов в массивах; участвовал в изысканиях, проектировании и строительстве многих крупных гидроузлов.

Рис. 1.16. Строительство Саяно-Шушенской ГЭС – крупнейшей в России, 1975 г.

Крупным событием этого периода стало строительство плотины Асуанской ГЭС в Египте (рис.1.15). В соответствии с международным соглашением разработка проекта высотной Асуанской плотины была поручена институту «Гидропроект». Главным инженером проекта был назначен Н.А.Малышев – заместитель начальника и главного инженера института, Проект предусматривал строительство каменно-набросной плотины на Ниле в 7км к югу от створа старой Асуанской плотины, построенной в 1905г. Плотина имела общую длину 3600 метров, из которых 520 метров приходится на русловую часть реки. Ширина плотины по основанию 980 м и по гребню 40 м. Высота плотины 111 м. Тело плотины состоит из глиняного ядра, горизонтального глиняного понура, песчаных призм, каменной наброски. В основании ядра продолжением его является вертикальная инъекционная завеса, закрепляющая аллювий в основании плотины на глубину 180 м до коренных пород, фактически представляющая собой вторую подземную противофильтрационную плотину. Социальной комиссией ООН Асуанский гидроузел был назван выдающимся инженерным сооружением XX века.

Видным инженер-геологом в области гидротехнического строительства был Р.Р.Тиздель (1906-1999) – ученый-практик, лауреат Государственной премии СССР (1952), возглавлявший с 1943 г. изыскательскую службу «Гидропроекта». Под его руководством проводились изыскания на крупнейших гидроузлах: Менгечаурском, Иркутском, Горьковском, Каунасском, Плявиньском, Белореченском, Краснополянском, Усть-Илимском и др. (рис.1.16).

Значительный вклад в изучение закономерностей склоновых процессов внес Г.С.Золотарев – выпускник Московского геолого-разведочного техникума, профессор кафедры инженерной и экологической геологии МГУ, лауреат Государственной (Сталинской, 1952) премии СССР, Заслуженный деятель науки России. Кроме того, им разработано инженерно-геологическое расчленение кор выветривания, обоснован графо-аналитический способ расчета переработки берегов водохранилищ; разработана методика инженерно-геологических исследований, в том числе для обоснования комплексных схем инженерной защиты территорий от опасных геологических процессов и для обоснования проектов ГАЭС.

С 1965 г. началось систематическое изучение селей в системе Министерства геологии СССР. В 1966 г. С.М.Флейшман возглавил селевую комиссию в Научном совете АН СССР по инженерной геологии и грунтоведению. В 1971 г. вышло капитальное методическое руководство по инженерно-геологическому изучению селей под редакцией М.В.Чуринова и А.И.Шеко. Изучению динамики селей были посвящены и крупные монографии С.М.Флейшмана (1970) и А.И. Шеко (1980).

Систематическое изучение процессов абразии в нашей стране связано с именем В.П.Зенкевича, разработавшего ряд теоретических положений в учении о морских берегах (1958, 1960, 1962). Этой же проблеме в данный период были посвящены работы

Н.А.Айбулатова, В.И.Буданова, Н.В.Есина, О.К.Леонтьева, В.В.Лонгинова, Г.А.Сафьянова, Ю.Д.Шуйского и др.

Значительный вклад в инженерно-геологическое исследование карстовых процессов и развитие карстоведения внесли Г.А.Максимович, В.Н.Дублянский, Д.С.Соколов и др.

Рис.1.17. Президиум Международного совещания по инженерной геологии (слева-направо): Г.А.Мавлянов, И.В.Попов, академик Е.М.Сергеев, В.Д.Ломтадзе, геологический факультет МГУ, июнь 1968 г.

В связи с гидротехническим строительством в стране развивались работы по инженерной геодинамике территорий строительства плотин и водохранилищ. Большой вклад в исследование проблем переработки берегов водохранилищ внес Е.Г.Качугин, работавший на Волгоградском, Куйбышевском, Цимлянском и др. водохранилищах. Благодаря огромному энтузиазму и организаторским способностям Е.Г.Качугина впервые в инженерно-геологической практике, сначала при Лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР, а позднее при ПНИИИСе Госстроя была создана мобильная "морская" научная экспедиция, которая ежегодно проводила обследования берегов на упомянутых выше водохранилищах в европейской части России. Благодаря деятельности Е.Г.Качугина, институт ПНИИИС превратился в крупнейший исследовательский и методический центр по изучению и прогнозированию процессов переформирования водохранилищ в СССР, а позднее в Российской Федерации.

Большой вклад в развитие теории экзогенной геодинамики внес И.А.Печеркин. Он сформировал научную пермскую школу, занимающуюся проблемами инженерной геодинамики. И.А. Печеркин одним из первых ученых-геологов в 50-е гг. XX в. занялся изучением закономерностей формирования инженерно-геологических условий водохранилищ Камского каскада, которое проводилось им на генетической основе с учетом особенностей проявления экзогенных геологических процессов. В исследованиях школы профессора И.А.Печеркина было четко показано, что все экзогенные процессы протекают на границе атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы. Развитие идей В.И. Вернадского позволило ему по новому подойти к объяснению механизма и причин возникновения экзогенных процессов. В научном подходе к их изучению должен доминировать историко-геологический анализ факторов и условий для конкретной геологической среды.

В 1950-1980 гг. годы значительный вклад в развитие инженерной геодинамики внесли ученые кафедры инженерной геологии и грунтоведения Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова (ныне каф. инженерной и экологической геологии), в том числе И.В.Попов, Г.С.Золотарев, Г.А.Голодковская, В.С.Федоренко, Э.В.Калинин, В.С.Круподеров и др. Возглавлявший эту кафедру с 1954 по 1988 г. академик Е.М.Сергеев, подготовил и сформировал крупную отечественную школу инженер-геологов, являясь безусловным лидером в стране по вопросам инженерной геологии.

По инициативе Е.М.Сергеева в этот период было проведено свыше десяти Всесоюзных и Международных совещаний и симпозиумов по различным вопросам инженерной геологии (рис.1.17). В 1966 г. был создан Научный совет по инженерной геологии и грунтоведению в составе отделения геологии, геохимии и геофизики АН СССР, преобразованный в 1980 г. в Научный совет по инженерной геологии и гидрогеологии, который возглавил академик Е.М.Сергеев.

Ричард Уолтерс (1921-1981)

Михаэль Лангер

Уильям Дирман (1921-2009)

В рамках Научного совета работали комиссии: *скальных пород* (председатель — Л.Д. Белый, позднее — А.А. Варга); *осадочных рыхлых пород* (председатель — Г.К. Бондарик, позднее — В.И. Осипов); *лёссовая* (председатель — А.К. Ларионов, позднее — В.П. Ананьев); *оползневая* (председатель — Г.И. Тер-Степанян); *селевая* (председатель — С.М. Флейшман, позднее — Ю.Б. Виноградов, А.Ю. Хегай); *карстовая* (председатель — И.В. Попов, сопредседатель секции спелеологии — В.Н. Дублянский; позднее — председатель И.А. Печеркин); *по горно-техническим проблемам инженерной геодинамики* (председатель — В.В. Ржевский); *сейсмического микрорайонирования* (председатель — С.В. Медведев, позднее — В.В. Штейнберг); *инженерно-геологического изучения территории СССР* (председатель — М.В. Чуринов); *методики инженерно-геологического картирования* (председатель — Г.А. Голодковская); *инженерно-геологического изучения шельфов* (председатель — Л.Б. Розовский, позднее — И.С. Комаров, К.И. Джанджгава); *инженерной геологии городов* (председатель — Ф.В. Котлов, позднее — Г.Л. Кофф); *инженерной геологии месторождений полезных ископаемых* (председатель — П.Н. Панюков, позднее — Г.А. Голодковская); *инженерной геологии в области распространения многолетнемерзлых пород* (председатель — В.А. Кудрявцев, позднее — Э.Д. Ершов); *мелиоративной инженерной геологии* (председатель — Л.Г. Балаев) (Шибакова, 2014).

Иосиф Моисеевич Буачидзе (1907-2006)

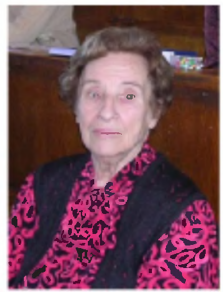
Ральф Пек (1912-2008)

Марсель Арну (1927-2011)

Развивалось и международное сотрудничество инженер-геологов. В декабре 1965 г., в Нью-Дели, Индия состоялся XXII-й Международный геологический конгресс, на котором работала секция «Прикладная и инженерная геология». На ней была создана «Международная ассоциация инженерной геологии», МАИГ («International Association for Engineering Geology and the Environment», IAEG) во главе с ее первым президентом – А.Шадмоном[1].

Игорь Сергеевич Комаров (1917-2010)

Аркадий Илларионович Шеко (1925-2003)



Галина Андреевна Голодковская (1927-2011)

В становлении МАИГ большую роль сыграл академик Е.М.Сергеев. МАИГ представляет собой всемирное научное обшество, объединяющее в своем составе более чем 5200 членов инженер-геологов и 59 национальных групп инженер-геологов. Российскую национальную группу МАИГ, в состав которой входит около ста видных отечественных инженер-геологов, возглавляли Е.М.Сергеев, а затем – В.И.Осипов.

[1] Президенты МАИГ этого периода: 1964 – 1968: Prof. Asher Shadmon (Израиль); 1968 – 1972: Acad. Prof. Quido Zaruba (Чехословакия); 1972 – 1978: Prof. Marcel Arnould (Франция); 1979 – 1982: Acad. Prof. E.M.Sergeev (СССР); 1983 – 1986: Prof. Michael Langer (Германия); 1987 – 1990: Prof. Owen L. White (Канада); 1991 – 1994: Prof. Ricardo Oliveira (Португалия); 1995 – 1998: Prof. Paul Marinos (Греция).

Константин Георгиевич Пшеничников

На XXIII-м Международном геологическом конгрессе, состоявшемся в 1968 г. в Праге (Чехословакия), работала секция № 12 – «Инженерная геология и государственное планирование». В 1970 г. в Париже состоялся I-й конгресс Международной ассоциации инженерной геологии (МАИГ), который решено было созывать каждые четыре года. Следующий II-й конгресс МАИГ состоялся в 1974 г. в Сан-Паулу, Бразилия. III-й конгресс Международной ассоциации инженерной геологии (МАИГ) проходил в 1978 г. в Мадриде (Испания). На нём президентом МАИГ был избран академик Е.М.Сергеев.

Президентами МАИГ избирались видные инженер-геологи. Так, например, Г.Заруба был крупнейший специалист в области инженерной геодинамики, особенно – в исследовании оползней, автор учебников по инженерной геологии. При его участии строились многие крупные инженерные сооружения, плотны, гидроузлы, туннели, Пражское метро и т.п. Заслуги профессора

М.Арну в области инженерной геологии были отмечены в МАИГ тем, что в 2014 г. была учреждена медаль его имени. Профессор Р.Оливейра – выдающийся организатор инженерной геологии в Португалии. Доктор П.Маринос – крупнейший специалист по инженерно-геологическому обоснованию строительства плотин, туннелей и др. сооружений, работавший над различными проектами во многих странах мира.

Важные работы методического характера по инженерно-геологическому картированию были выполнены британскими инженер-геологами М.Доббсом, профессором М.Кулщоу и др. (Dobbs et al., 2012).

Среди иностранных инженер-геологов, внесших существенный вклад в развитие инженерной геологии в это период, необходимо отметить британского инженер-геолога Билла Дирмана, сыгравшего важную роль в развитии современных методов инженерно-геологического картирования благодаря его деятельности в Инженерной группе общества инженерно-геологических карт и планов, а совместно с Миланом Матулой – в Комиссии по инженерно-геологическим картам Международной ассоциации по инженерной геологии (МАИГ). В 1990 г. он был награжден медалью Ганса Клооса, присуждаемой МАИГ, а в 1991 г. – медалью Уильяма Смита, присуждаемой Британским геологическим обществом.

В этот период инженерная геодинамика развивалась особенно интенсивно. Большой вклад в инженерную геодинамику в это время внесли работы В.П.Ананьева, Л.Г.Балаева, В.В.Баулина, Л.Д.Белого, Г.К.Бондарика, И.М.Буачидзе, А.А.Варги, Г.С.Вартаняна, Н.В.Воляника, Г.А.Голодковской, О.Н.Грязнова, К.А.Гулакяна, Е.С.Дзекцера, В.Н.Дублянского, Е.П.Емельяновой, И.П.Зелинского, В.П.Зенкевича, Р.С.Зиангирова, Г.С.Золотарева, И.П.Иванова, Д.М.Казикаева, Э.В.Калинина, Е.Г.Качугина, Н.В.Коломенского, И.С.Комарова, А.А.Коноплянцева, Ф.В.Котлова, Г.Л.Коффа, В.С.Круподерова, В.М.Кутепова, В.В.Кюнтцеля, В.М.Литвина, В.Д.Ломтадзе, А.Г.Лыкошина, Г.А.Мавлянова, С.Н.Максимова, Г.А.Максимовича, А.А.Махорина, И.И.Молодых, А.М.Монюшко, Р.А.Ниязова, И.А.Парабучева, Г.А.Паушкина, П.Н.Панюкова, С.И.Пахомова, Е.М.Пашкина, В.В.Пендина, И.А.Печеркина, Г.П.Постоева, И.В.Попова, К.Г.Пшеничникова, А.Л.Рагозина, М.В.Раца, А.Л.Ревзона, И.С.Рогозина, Н.В.Родионова, Л.Б.Розовского, Э.И.Роота, А.И.Савича, Е.М.Сергеева, Г.Г.Скворцова, Н.Н.Славянова, Д.С.Соколова, Ю.Н.Сокольникова, В.П.Солоненко, К.Терцаги, Г.И.Тер-Степаняна, Р.Р.Тизделя, С.В.Тимофеева, Е.В.Трепетцова, В.Т.Трофимова, В.С.Федоренко, С.М.Флейшмана, И.И.Херхеулидзе, П.В.Царева, Д.Д.Церетели, Э.Д.Церетели, Р.С.Чалова, Н.П.Чеботарева, И.И.Черкасова. М.В.Чуринова, Л.В.Шаумян, А.И.Шеко, А.Е.Шейдеггера, Н.Л.Шешени, Р.Л.Шустера и многих др. инженер-геологов.

В 1979 г. Е.М.Сергеев ввел принципиально важное понятие – «геологическая среда» (Сергеев, 1979, 1983). Под геологической средой он понимал ту «часть литосферы, которая выступает как одна из компонент окружающей среды, находится под воздействием человека и, в свою очередь, в известной степени определяет эту деятельность» (Сергеев, 1983). Он считал, что геологическая среда является основным объектом инженерной геологии, а саму инженерную геологию определял как науку о геологической среде (Сергеев, 1979, 1983).

Наряду с этим во второй половине XX в были выполнены крупные теоретические работы в области геомеханических подходов при оценке массопереноса, устойчивости и подвижности грунтовых масс. В нашей стране этот подход успешно развивался в работах таких ученых как С.С.Вялов (1978), М.Н.Гольдштейн (1973), С.С.Григорян (1979), Н.Я.Денисов (1956), Н.Н.Маслов (1969); А.С.Строганов (1980), Г.И.Тер-Степанян (1961, 1978), Г.М.Шахунянц (1961) и др., за рубежом эти исследования вели Г.Заруба, В.Менц (1979), Л.Мюллер (1988), Р.Пек (1958), К.Терцаги и др.

В 1960-1970-е годы были опубликованы важные теоретические работы, а также составлены методические указания по изучению динамики различных гравитационных склоновых процессов (работы Е.П.Емельяновой, Г.С. Золотарева, Н.Л. Шешени др.). Изучению динамики эрозионных процессов, разработке эрозиоведения были посвящены работы Д.Г.Виленского, А.С.Вознесенского, В.Б.Гуссака,

Г.С.Золотарева, И.Б.Корженевского, Б.Ф.Косова, Б.П.Любимова, Н.И.Маккавеева, А.Г.Рожкова, С.С. Соболева, Е.В.Трепетцова, Р.С.Чалова и многих других. Во ВСЕГИНГЕО в 1975 г. при изучении и разработке теоретических основ долговременных прогнозов экзогенных геологических процессов (ЭГП) впервые был применен системный подход (работы В.С.Круподерова, В.В.Кюнтцеля, А.И.Шеко и др.).

В этот же период С.В.Медведевым была обоснована методика сейсмического микрорайонирования и заложены основы инженерной сейсмологии.

В.В.Баулин в 1980-1990-е гг. разработал теорию промерзания — протаивания пород на протяжении геологических отрезков времени и построил палео-мерзлотные карты на территорию СССР. Он возглавлял координацию работ в области инженерных изысканий и инженерной защиты в строительстве; под его руководством впервые в этой области были разработаны и реализованы: новая система нормативных документов; стратегия строительного освоения и инженерной защиты территорий, зданий, сооружений; оценка риска развития опасных природных и природно-техногенных процессов и др.

В этот же период в решение проблем инженерной геокриологии, изучение динамики экзогенных геологических процессов криолитозоны внесли большой вклад такие ученые как Ф.Э.Арэ, В.Т.Балобаев, Б.И.Втюрин, Е.А.Втюрина, Г.Ф.Гравис, Л.С.Гарагуля, С.Е.Гречищев, Б.Н.Достовалов, Д.С.Дроздов, Г.И.Дубиков, Э.Д.Ершов, А.П.Камышев, Т.Н.Каплина, Е.М.Катасонов, С.П.Качурин, В.А.Кудрявцев, Е.С.Мельников, П.Ф.Мельников, В.Л.Невечеря, В.О.Орлов, А.В.Павлов, Н.Ф.Полтев, А.И.Попов, Н.Н.Романовский. С.В.Томирдиаро, В.Т.Трофимов, А.И.Тюрин, Л.Н.Хрусталев, А.Б.Чижов, Л.В.Чистотинов, П.Ф.Швецов, Ю.Л.Шур многие др.

Таким образом, во второй половине XX в. инженерная геодинамика сделала огромный рывок в теоретическом исследовании и практическом подходе к опасным геологическим и инженерно-геологическим процессам, их прогнозированию, мониторингу и обоснованию рекомендаций по инженерной защите от них территорий и сооружений. На этой основе в стране были успешно реализованы многочисленные проекты по строительству крупных промышленных, транспортных и энергетических сооружений.

1.4.3. Оформление и развитие региональной инженерной геологии во второй половине XX в.

Третье научное направление инженерной геологии – региональная инженерная геология, целиком зародилось и оформилось в нашей стране во второй половине XX в. Это было связано, прежде всего, с развитием крупного гидротехнического строительства и освоением крупных регионов Сибири в связи с разработкой открытых там крупных месторождений нефти и газа. Необходимо было дать общую региональную оценку инженерно-геологических условий огромных территорий и эту задачу выполнила региональная инженерная геология.

В истории развития региональной инженерной геологии выделяются свои отдельные этапы (Трофимов, Аверкина, 2007), однако здесь они рассматриваются в контексте общей истории инженерной геологии. Тем не менее, приведём эти этапы: 1) до 1950 г. – этап зарождения региональной инженерной геологии, накопление первого опыта региональных работ; 2) 1951-1978 гг. – завершение формирования региональной инженерной геологии; 3) с 1978 г. – ныне – создание теоретических основ направления, начало изучения инженерно-геологических условий Земли в целом (Трофимов, Аверкина, 2007).

Основоположником этого направления является И.В.Попов. Теоретические основания региональной инженерной геологии были сформулированы И.В.Поповым в 1961 г. в учебном пособии «Инженерная геология СССР. Част 1. Общие основы региональной инженерной геологии», созданном на основе лекционного курса, который он читал студентам специальности «гидрогеология и инженерная геология» геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова (Трофимов, Аверкина, 2007). В этой и последующих работах им были разработаны теоретические основы региональной инженерной геологии: определены ее предмет и задачи, роль региональных и зональных факторов в формировании инженерно-геологических условий территорий; разработаны исходные положения об использовании учения о геологических формациях при инженерно-геологических исследованиях; обоснованы методические вопросы инженерно-геологического районирования территорий и др. (Герасимова, 2001). В 1973 г. И.В.Попов издал учебник «Инженерная геология СССР», ставший первым изданием в этой области, а затем издал многотомную монографию «Инженерная геология СССР».

Георгий Исаевич Тер-Степанян (1907-2006)

Николай Александрович Маринов (1914-1995)

На базе этих изданий в 1976-1978 гг. под редакцией Е.М.Сергеева была опубликована 8-томная монография «Инженерная геология СССР», подготовленная большим коллективом авторов. Четверо из них, Е.М.Сергеев, И.С.Комаров, М.В.Чуринов и И.В.Попов, были удостоены званий лауреатов Ленинской премии (1982) (Герасимова, 2001). В этой монографии также рассматривались теоретические вопросы региональной инженерной геологии. Это издание не имело аналогов в нашей стране и за рубежом. В нем было показано, как на территории СССР сформировались современные инженерно-геологические условия, как они менялись под влиянием природных и техногенных процессов, как будет изменяться геологическая среда, если деятельность человека не будет учитывать исторически сложившиеся инженерно-геологические условия. Материал этой монографии нашел широкое практическое применение при планировании размещения и развития различных хозяйственных сооружений, при составлении программы изысканий для отдельных регионов и крупных строительных объектов.

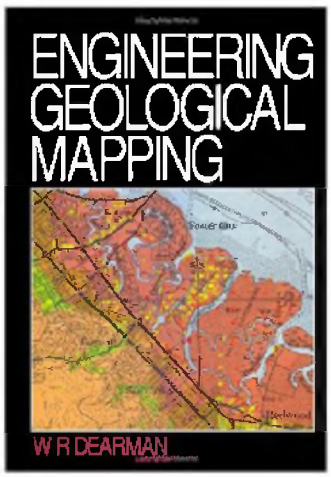


Рис.1.18. Обложка монографии У.Дирмана «Инженерно-геологическое картирование», 1991 г.

Один из авторов этой монографии – И.С.Комаров, выпускник (1941) и профессор МГРИ, лауреат Ленинской премии (1982) внес существенный вклад в развитие региональной инженерной геологии и инженерной геодинамики: им была усовершенствована методика инженерно-геологического картирования в районах с мощным покровом четвертичных отложений; разработана методика сопряженного инженерно-геологического и сейсмического микрорайонирования городов; впервые применена и внедрена методика обработки инженерно-геологической информации с помощью вероятностно-статистических методов.

В третьей части учебника «Инженерная геология» (1978, 1982) Е.М.Сергеев также рассматривал теоретические вопросы региональной инженерной геологии, которые, кроме того, позже анализировались также Г.К.Бондариком (1981), и в монографиях «Теоретические основы инженерной геологии» (1985), "Engineering Geology of the Earth" (1989).

В становление региональной инженерной геологии внесли вклад И.В.Попов, Е.М.Сергеев, И.С.Комаров, Г.А.Голодковская, Н.А.Маринов, В.Т.Трофимов, М.В.Чуринов и др.

Таким образом, к концу XX в. региональная инженерная геология оформилась не только в качестве третьего научного направления инженерной геологии, но и имела определенную теоретическую базу. Однако при этом «четко обозначился разрыв между накопленным теоретическим и методическим знанием и его отображением в сводных инженерно-геологических произведениях» (Трофимов, Аверкина, 2007).

Одним из основоположников региональной инженерной геологии был и другой выпускник МГРИ – профессор М.В.Чуринов (1910-1986), заместитель директора ВСЕГИНГЕО, лауреат Ленинской премии (1982). Им был создан цикл фундаментальных работ, связанных с обобщением огромной инженерно-геологической информации по отдельным регионам СССР и по стране в целом. Под его руководством была создана «Инженерно-геологическая карта СССР» в масштабе 1:2 500 000, разработаны и внедрены в практику методы региональных инженерно-геологических исследований и картографирования основных факторов инженерно-геологических условий (Герасимова, 2001).

В этот период региональные инженерно-геологические исследования развивались и за рубежом. В 1991 г. была опубликована монография У.Дирмана «Инженерно-геологическое картирование» (рис.1.18).

1.4.4. Развитие общей теоретической базы инженерной геологии во второй половине XX в.

Наряду с развитием вышерассмотренных основных направлений инженерной геологии в этот период разрабатывались и общетеоретические вопросы инженерной геологии. Им были посвящены исследования Г.К.Бондарика (1981), В.Д.Ломтадзе, М.В.Раца, Е.М.Сергеева (1982), В.Т.Трофимова (1985) и др.

В грунтоведении был сформулирован основной методологический принцип – основной закон грунтоведения и разработаны теории в области изучения компонентного состава грунтов, строения, состояния и их свойств (Сергеев, 1971, 1983).

В области инженерной геодинамики были разработаны важнейшие теоретические положения по инженерно-геологическому анализу различных геологических и инженерно-геологических процессов и их прогнозированию.

Любая наука в своем развитии проходит разные этапы, которые определяют специфику ее роста, совершенствование теоретической и методической базы, технической оснащенности, практическую востребованность и т. п. Уточняются место в науке, область знания, объект, предмет и методика исследований» новые задачи, новые направления.

Для инженерной геодинамики этот этап наступил в конце 70-х—начале 80-х годов и хорошо отражен в известной книге Г. К. Бондарика «Общая теория инженерной (физической) геологии» (1981) и в серии монографий под редакцией Е.М.Сергеева «Теоретические основы инженерной геологии» (1985 г.), а также в книге, посвященной геологическим основам геодинамики (Геологические закономерности..., 1976). Далее в журнале «Инженерная геология» (№1, 1987) В.Д. Ломтадзе публикует статью «Теоретические основы инженерной геодинамики», в которой излагает свой взгляд на содержание этого научного направления (Иванов, Тржцинский, 2001).

Генрих Кондратьевич Бондарик

Игорь Алексеевич Парабучев

Владимир Викторович Баулин

Пятая глава книги Г. К. Бондарика (1981) озаглавлена «Динамика инженерной (физической) геологии, или экзогеодинамика». Такое название свидетельствует о том, что автора в первую очередь не устраивает существующее название «инженерная геодинамика». Она, по его мнению, изучает только природно-технические геосистемы и инженерно-геологические процессы и составляет только прикладную часть более широкого научного направления экзогеодинамики, которое состоит из трех частей: общей экзогеодинамики, региональной экзогеодинамики и динамического грунтоведения. Из дальнейшего изложения, однако, следует, что экзогеодинамика не шире, а уже инженерной геодинамики, поскольку в нее не входят эндогенные процессы, а в остальном она полностью покрывает инженерную геодинамику по определению объекта и задач. Сравним некоторые формулировки Г.К. Бондарика с ранее приведенными, ставшими уже традиционными в инженерной геологии. Экзогеодинамика — это научное направление, изучающее «формы движения геологической материи в пределах ее приповерхностной части в физическом времени в связи с осуществляемой и планируемой деятельностью человека». Объектом экзогеодинамики являются «приповерхностные динамические геосистемы, взаимодействующие с внешними средами, и процессы экзогенного геологического взаимодействия». Далее идет расширение объекта и включение в него «искусственно создаваемых природно-технических геосистем и соответственно инженерно-геологических процессов». По мнению В.Д.Ломтадзе (1977), в разделе инженерной геодинамики «изучаются геологические процессы и явления как естественные (природные), так и возникающие в связи со строительством сооружений и хозяйственным использованием территорий». Или, как считает Г.С. Золотарев (1983), инженерная геодинамика «посвящена последовательному анализу и оценке геологических процессов и явлений взаимодействия геологической среды с природными и техногенными факторами, в том числе с инженерными сооружениями» (Иванов, Тржцинский, 2001).

В области региональной инженерной геологии также были сформулированы базовые теоретические основания в работах И.В.Попова (1961), Е.М.Сергеева (1978, 1982), В.Т.Трофимова (1985) и др. (см. гл.1.4.3). Однако, при всей важности, это были в основном разрозненные теоретические исследования, а не теоретические обобщения для инженерной геологии в целом.

Важнейшей заслугой Г.К.Бондарика для инженерной геологии в целом является разработка им именно общих теоретических вопросов инженерной геологии, чем во многом был обусловлен переход этой науки от эмпирического уровня к теоретическому. В 1981 г. им была опубликована монография «Общая теория инженерной (физической) геологии», ставшая, по сути, первой в мире работой, в которой были рассмотрены важнейшие методологические аспекты инженерной геологии в целом: ее категориальный базис, объект, предмет исследования, логическая структура, научный метод, структуры, законы и базовые теории основных научных направлений. Эта монография оказала большое влияние на развитие инженерной геологии и окончательно показала, что данная наука не является прикладной.

Вслед за этим в 1985-1986 гг. под редакцией Е.М.Сергеева коллективом авторов была издана 4-томная монография «Теоретические основы инженерной геологии», в которой также впервые были

изложены общие теоретические положения инженерной геологии, составляющие её теоретический базис.

Одновременно с этими работами обобщающего теоретического характера в этот же период были изданы важнейшие работы по инженерной геологии теоретико-методического характера. Среди них 2-томное «Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород» под редакцией Е.М.Сергеева (1968, 1985).

Таким образом, к концу XX в. сформировался значительный теоретический базис инженерной геологии по всем ее научным направлениям. Однако его окончательное осмысление и обобщение в виде единой общей теории инженерной геологии не были завершены в XX в.

1.4.5. Развитие структуры и организации инженерной геологии во второй половине XX в.

Бурный рост инженерно-геологических исследований в стране во второй половине XX в. привел к оформлению специфической структуры организации инженерной геологии в СССР, охватывающей различные организации, так или иначе занимавшиеся инженерной геологией (рис.1.19, табл.1.1).

Рис. 1.19. Схема организации инженерной геологии в СССР к 1991 г.

Рис.1.20. Заседание Научного совета по инженерной геологии и грунтоведению АН СССР (слева-направо): Е.М.Сергеев, В.Т.Трофимов, Г.Л.Кофф, 1991 г.

В 1950-е годы в России оформляется сеть территориальных трестов инженерно-строительных изысканий – ТИСИЗов, проводивших инженерно-геологические изыскания для проектирования различных объектов народного хозяйства. В 1960-е годы Советом министров РСФСР была проведена их реорганизация. Крупнейшими среди них стали АмурТИСИЗ (г.Благовещенск), ВерхневолжТИСИЗ (г.Ярославль), ДальТИСИЗ (Хабаровск), ЛенТИСИЗ (С.-Петербург), НижегородТИСИЗ (г.Нижний Новгород), СтавропольТИСИЗ (г.Ставрополь), СевВостТИСИЗ (г.Магадан), УралТИСИЗ (г.Свердловск, ныне Екатерибург), ВерхнекамТИСИЗ (г.Пермь), ЮжУралТисиз (г.Челябинск), ТюменьТИСИЗ (г.Тюмень), ОренбургТИСИЗ и многие др.

Структура организации инженерной геологии в бывшем СССР, таким образом, складывалась постепенно. К 1991 г. организация инженерной геологии в стране имела следующий вид (см. рис. 1.19).

В системе АН СССР на основе реорганизации Лаборатории гидрогеологических проблем и Института мерзлотоведения в 1963 г. был создан Производственный-научно-исследовательский институт изысканий (ПНИИИС) Госстроя СССР, ставший головной инженерно-геологической организацией в системе Госстроя. В 1949 г. в Иркутске был создан Институт земной коры СО АН СССР, в котором благодаря работам Е.К.Гречищева, М.М.Одинцова, Г.Б.Пальшина, В.П.Солоненко и др. сформировалась научная школа инженер-геологов, разрабатывающих и проблемы инженерной геодинамики. Среди других академических институтов вопросы инженерной геологии изучались в Институте литосферы РАН (г.Москва), Институте мерзлотоведения РАН (Якутск) и др.

Таблица 1.1

Организации, размещавшие и курировавшие работу проблемных комиссий и региональных секций Научного совета АН СССР по инженерной геологии и гидрогеологии в 1966–1990 гг. (Шибакова, 2014)

Название организации	Ведомство	Количество		Председатели
		комиссий	секций	
МГУ (геологический, географический, почвенный ф-ты)	Минвуз СССР	9	-	И.В. Попов, С.М. Флейшман, В.А. Кудрявцев, С.Д. Воронкевич, А.А. Огильви, Г.А. Голодковская, В.И. Осипов, Э.Д. Ершов, А.Д. Воронин, Г.С. Золотарев
ВСЕГИНГЕО	Мингео СССР	4	-	Г.Г. Скворцов, М.В. Чуринов, Г.С. Вартанян, В.М. Фролов
ПНИИИС	Госстрой СССР	4	-	Ф.В. Котлов, Л.С. Амарян, В.В. Севостьянов, И.Я. Пантелеев
ГИДРОПРОЕКТ	Минэнерго СССР	3	-	А.А. Варга, И.А. Парабучев,А.И. Савич
МГРИ	Минвуз СССР	1	-	Г.К. Бондарик, И.С. Комаров, В.М. Швец
ИВП АН СССР	АН СССР	2	-	И.С. Зекцер, В.С. Ковалевский
ТюменНИИгипрогаз	Мингазпром СССР	-	1	Ю.Ф. Захаров
ИФЗ АН СССР	АН СССР	1	-	С.В. Медведев, В.В. Штейнберг
Ленинградский ГУ	Минвуз СССР	1	-	А.К. Ларионов
МИСИ	Минвуз СССР	1	-	Л.Д. Белый
Пермский ГУ	Минвуз СССР	1	-	И.А. Печеркин
Одесский ГУ	Минвуз Украины	1	-	Л.Б. Розовский, И.П. Зелинский
ВНИИГиМ	Минводхоз СССР	1	-	Л.Г. Балаев
ПО “Узбекгидрогеология”	Мингео УзбССР	-	1	А.С. Хасанов
ГИГ	Госкомгидромет СССР	1	-	Ю.Б. Виноградов
СоюздорНИИ	Минавтодор СССР	1	-	В.Д. Казарновский
НПО “Аэрогеология”	Мингео СССР	1	-	А.В. Садов
Ростовский ИСИ	Минвуз СССР	1	-	В.П. Ананьев
УГ Мингео	Мингео СССР	1	-	К.И. Сычев
ИГД СО АН СССР	АН СССР	1	-	Е.И. Шемякин
Симферопольский ГУ	Минвуз Украины	1	-	В.Н. Дублянский
Казглавселезащита	Совмин Казахстана	1	-	А.Ю. Хегай
ИЗК СО АН СССР	АН СССР	-	1	В.П. Солоненко, Е.В. Пиннекер
ИС АН УзбССР	АН УзбССР	1	-	Г.А. Мавлянов
ИЛ АН СССР	АН СССР	1	-	Г.Л. Кофф
ИГИ ГАН	АН ГрузССР	1	1	И.М. Буачидзе, К.И. Джанджгава
ИГН АН УкрССР	АН УкрССР	1	1	А.Е. Бабинец, В.М. Шестопалов
ИГГГ АН Бел.	АН БелССР	1	1	А.В. Кудельский
Вильнюсский ГУ	Минвуз ЛитССР	-	1	В.И. Иодказис

Вопросами инженерно-геологических исследований и изысканий занимались также коллективы инженер-геологов, работавших в созданных в этот период различных научно-исследовательских и проектных институтах разного подчинения, таких как Атомэнергопроект, ВИОГЕМ (г.Белгород), ВНИИГидротехники (г.С.-Петербург), ВНИИГиМ (г.Москва), Геоцентр-Москва, Гидроспецгеология (г.Москва), ДальГипротранс (Хабаровск), Дальстройпроект (Магадан), Ленгипротранс (г.С.-Петербург), Метрогипротранс (г.Москва), Мосгипротранс (г.Москва), НИИ оснований и подземных сооружений (г.Москва), Росстройизыскания (г.Москва), СоюздорНИИ (г.Балашиха), Фундаментпроект (г.Москва) и др.

Инженерно-геологические исследования на шельфе и морских акваториях проводили коллективы Арктической морской инженерно-геологической экспедиции (г.Мурманск), Балтийской морской инженерно-геологической экспедиции (г.Калининград), ВНИИ Океанология (С.-Петербург), Дальневосточная морская инженерно-геологическая экспедиция (г.Южно-Сахалинск) и др.

Координация отечественных научных исследований в области инженерной геологии осуществлялась

Научным советом по инженерной геологии и грунтоведению при АН СССР, который долгие годы возглавлял академик Е.М.Сергеев (табл.1.1, рис.1.20). При этом собственно академических институтов по инженерной геологии в СССР не существовало.

Рис.1.21. Участники 1-го Всесоюзного съезда инженер-геологов (слева-направо): И.П.Зелинский, В.Т.Трофимов, В.П.Ананьев, Киев, 1988 г.

Значительная часть отраслевых научно-исследовательских институтов инженерно-геологической направленности (ВСЕГИНГЕО, ПНИИИС, Гидропроект, Союздорнии и др.) была сконцентрирована под управлением различных министерств, госкомитетов и ведомств при Совете министров СССР. В этих институтах проводились комплексные научно-исследовательские работы по всем направлениям инженерной геологии: грунтоведению, инженерной геодинамике и региональной инженерной геологии.Подготовка инженерно-геологических кадров по специальностям геолог-гидрогеолог, инженер-геолог осуществлялась под эгидой Министерства образования СССР в целом ряде университетов страны (МГУ, ЛГУ и др.), а также во многих других высших учебных заведениях на кафедрах инженерной геологии, инженерной геологии и гидрогеологии, оснований и фундаментов и др.

Подавляющая часть инженерно-геологических изысканий для строительства, проводимых на территории СССР, осуществлялась территориальными трестами инженерно-строительных изысканий (ТИСИЗами), система которых охватывала всю территорию СССР. Системе ТИСИЗов также отводилась большая роль в методическом и технологическом обеспечении инженерно-геологических изысканий.

Наряду с вышеуказанными правительственными организациями инженерно-геологические исследования проводились и координировались немногочисленными неправительственными или общественными организациями и различными форумами. Среди них можно отметить секцию инженерной геологии Московского общества испытателей природы (МОИП), а также всесоюзные и региональные конференции и совещания по различным вопросам инженерной геологии, на которых вырабатывались решения, обязательные к исполнению в действующих структурах инженерной геологии. Наиболее крупным всесоюзным форумом по инженерной геологии был 1-й Всесоюзный съезд инженер-геологов, состоявшийся в Киеве в 1988 г. В его работе приняли участие сотни ведущих инженер-геологов из всех республик СССР (рис.1.21).

1.4.6. Подготовка кадров по инженерной геологии во второй половине XX в.

Другой важной особенностью рассматриваемого этапа развития инженерной геологии во второй половине XX в. является интенсивная подготовка кадров инженер-геологов высшей квалификации.

Ведущими вузами для их подготовки были МГУ им. М.В.Ломоносова, Ленинградский государственный университет, Горный институт в Ленинграде, МГРИ, МИСИ и др.

На кафедре грунтоведения и инженерной геологии МГУ (позже – каф. инженерной и экологической геологии) ежегодно выпускалось до 25 дипломированных специалистов инженер-геологов.

Рис.1.22. Здание Российского государственного геолого-разведочного университета (МГРИ-РГГРУ)

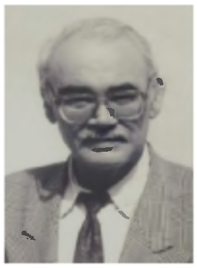
В Московском геолого-разведочном институте (МГРИ, ныне – Российском геолого-разведочном университете, РГГРУ) на кафедре инженерной геологии, возглавляемой Г.К.Бондариком, Е.М.Пашкиным, а затем В.В.Пендиным, велась подготовка инженер-геологов, проводились научные исследования по различным вопросам инженерной и экологической геодинамики (рис.1.22).

В Московском государственном строительном университете (МГСУ, ранее МИСИ) в 1933 г. была образована по инициативе Н.Н. Богословского кафедра механики грунтов, оснований и фундаментов. В этом же году кафедру по совместительству возглавил профессор, д.т.н. В.К. Дмоховский, руководивший ею до начала Великой Отечественной войны. С уходом В.К. Дмоховского с 1941 по 1950 гг. кафедрой заведовал Н.Н. Богословский, после смерти которого на эту должность в 1951г. был избран член-корреспондент АН СССР, Герой социалистического труда профессор, д.т.н. Н.А. Цытович. Профессор Н.А. Цытович, возглавлявший кафедру до 1984 г., внес большой вклад в развитие механики грунтов и фундаментостроения. С 1984 г. по 2000 г. кафедрой руководил академик Российской Академии наук, заслеженный деятель науки и техники Российской Федерации, профессор, д.т.н. С.Б. Ухов.

Там же, в МИСИ в 1935 г. по инициативе И.В.Попо-

ва была открыта кафедра инженерной геологии, которой он руководил до 1946 г. Затем до 1966 г. ее возглавлял профессор Н.Я.Денисов, в 1963-1983 гг. – профессор Л.Д. Белый (1910-2010), в 1984-1998 гг. – профессор Г.А.Паушкин, в 1999-2014 гг. – профессор А.Д.Потапов.

Член-корр. АН СССР
Михаил Михайлович Одинцов (1911-1980)



Сергей Борисови Ухов (1932-2007)

Александр Дмитриевич Потапов (1946-2014)

В Пермском государственном университете основателем кафедры инженерной геологии был И.А.Печеркин. С 2005 г. кафедру возглавляет профессор В.В.Середин. Подготовку инженер-геологов на кафедре вели многие известные инженер-геологи: Г.Б.Болотов, Ш.Х.Гайнанов, В.Н.Дублянский, В.Е.Закоптелов, В.И.Каченов, В.Н.Катаев, А.В.Маклашин, В.В.Михалев, А.И.Печеркин, А.Н.Селиверстов, В.А.Шерстнев, В.М.Шувалов и многие др.

В Ленинградском инженерно-строительном институте (ЛИСИ, ныне СПб государственный архитектурно-строительный университет) в 1940 г. Н.А.Цытович основал кафедру механики грунтов, которую возглавлял до 1948 г. Затем переименованной кафедрой оснований, фундаментов и механики грунтов руководили Н.Н.Маслов (с 1950 по 1957 гг.), Б.И.Далматов (с 1958 по 1990) и С.Н.Сотников (с 1990 по 2002 гг., с 1992 г. кафедра переименована в каф. геотехники).

В 1973 г. в Воронежском государственном университете была открыта кафедра гидрогеологии и инженерной геологии, которую возглавила профессор А.Н.Вахтанова. Затем кафедрой заведовал профессор В.Л.Бочаров.

Подготовка инженер-геологов в стране проводилась также в таких высших учебных заведениях как Башкирский государственный университет (г.Уфа), Барнаульский политехнический институт, Волгоградский инженерно-строительный институт, Воронежский инженерно-строительный институт, Иркутский государственный университет, Московский автодорожный институт (МАДИ), Московский инженерно-строительный институт (МИСИ), Московский геолого-разведочный институт (МГРИ – МГГРУ), Новочеркасский политехнический институт, Оренбургский политехнический институт, Пермский государственный университет, Ростовский государственный университет, Ростовский инженерно-строительный институт, С.-Петербургский горный институт, Ленинградский университет, Ленинградский инженерно-строительный институт (ЛИСИ), Саратовский государственный университет, Томский инженерно-строительный институт, Томский политехнический университет, Якутский государственный университет и др.

Борис Иванович Далматов

Сергей Николаевич Сотников

Семен Моисеевич Флейшман

Преподавателями этих вузов издавались различ-

ные учебники и учебные пособия по инженерной геологии и её основным научным направлениям. Среди авторов учебной литературы по инженерной геологии были Г.К.Бондарик, С.Д.Воронкевич, С.С.Вялов, Г.А.Голодковская, Р.С.Зиангиров, Г.С.Золотарев, И.П.Иванов, Э.В.Калинин, И.С.Комаров, В.А.Королев, В.Д.Ломтадзе, Н.Н.Маслов, В.И.Осипов, В.В.Пендин, И.В.Попов, Е.М.Сергеев, В.Т.Трофимов, Н.А.Цытович, Е.Г.Чаповский, Л.А.Ярг и др.

В начале 1980-х годов, вслед за учебником В.Д.Ломтадзе (1977) вышел из печати учебник для вузов Г.С.Золотарева «Инженерная геодинамика», в котором были рассмотрены основные эндогенные и экзогенные процессы, приведена общая классификация этих процессов и их техногенных аналогов, разработанная Г.С.Золотаревым ранее (1979 г.). В нем впервые появился термин «техногенный аналог» геологического процесса. Этим подчеркивалась возросшая роль человека в изменении геодинамической обстановки территорий.

Подводя итог развития инженерной геологии на этом этапе можно заключить, что это был весьма плодотворный и важный период, характерной чертой которого являлся постепенный переход от практического к теоретическому этапу развития этой науки.

Поэтому Г.К.Бондарик (1996)[1] этот этап развития инженерной геологии назвал переходным.

Таким образом, характерными чертами развития инженерной геологии во второй половине XX в. являются:

- формирование региональной инженерной геологии, как третьего научного направления инженерной геологии;
- окончательное оформление структуры инженерной геологии;
- оформление прикладных разделов инженерной геологии;
- обобщение ранее накопленного большого фактического материала, главным образом эмпирического характера;
- выполнение ряда крупных инженерно-геологических исследований и опубликование фундаментальных монографий по разным разделам инженерной геологии, имеющих важное народнохозяйственное значение и отмеченных Государственными и иными премиями;
- обозначение, начиная с 1970-х гг., вопросов рационального использования и охраны геологической среды, а также экологических проблем;
- постепенный переход к теоретическому этапу развития науки, особенно с 1980-х гг.;
- перестройка в стране структуры организации инженерной геологии как науки в связи с распадом СССР с начала 1990-х гг.

[1] Бондарик Г.К. Современная инженерная геология. Содержание, структуры, задачи. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 11- 21.

1.5. Современное состояние инженерной геологии (XXI в.)

1.5.1. Современная структура организации инженерной геологии в России

Современное состояние инженерной геологии в нашей стране по сравнению с предыдущим периодом отражается как в изменении структуры организации этой науки, так и в изменениях качественного характера – дальнейшем развитии фундаментальных и прикладных аспектов.

В постсоветский период структура организации инженерной геологии в России существенно изменилась (рис. 1.23).

В системе РАН был образован Институт геоэкологии РАН им. Е.М.Сергеева, а координация научных исследований по инженерной геологии в России была возложена на Научный совет РАН по геоэкологии, инженерной геологии и геокриологии, который возглавил академик В.И.Осипов. Однако в настоящее время совет выполняет лишь рекомендательные и совещательные функции, которые никак не влияют на деятельность правительства РФ в области инженерной геологии или работу РАН в этом направлении.

Значительная часть отраслевых научно-исследовательских институтов инженерно-геологической направленности после распада СССР была ликвидирована или реорганизована. В настоящее время ведущую роль в этом направлении выполняют лишь такие институты как ВСЕГИНГЕО и ПНИИИС.

Практически осталась неизменной структура подготовки инженерно-геологических кадров в различных университетах и вузах России, изменились лишь некоторые названия вузов, а также кафедр, ведущих подготовку инженер-геологов.

Вместо упраздненных ТИСИЗов с 1991 г. в России возникло множество коммерческих инженерно-геологических и изыскательских организаций в виде разных ОАО, ООО и др. Ими выполняется практически весь объем инженерно-геологических изысканий в стране, за исключением объема подряда иностранных компаний и фирм. Среди них необходимо отметить научно-производственную и проектную фирму по гидрогеоэкологическим исследованиям (ГИДЭК, г.Москва), Промнефтегазэкология (г.Тюмень), производственный научный консультативный центр «ИнжГео» (г.Краснодар) под руководством О.В.Кашарабы, АО Стройизыскания (г.Москва) и многие др. В рамках объединений этих коммерческих организаций, занимающихся в основном инженерными изысканиями, были созданы саморегулируемые организации (СРО), объединенные в национальные объединения изыскателей (НОИЗ).

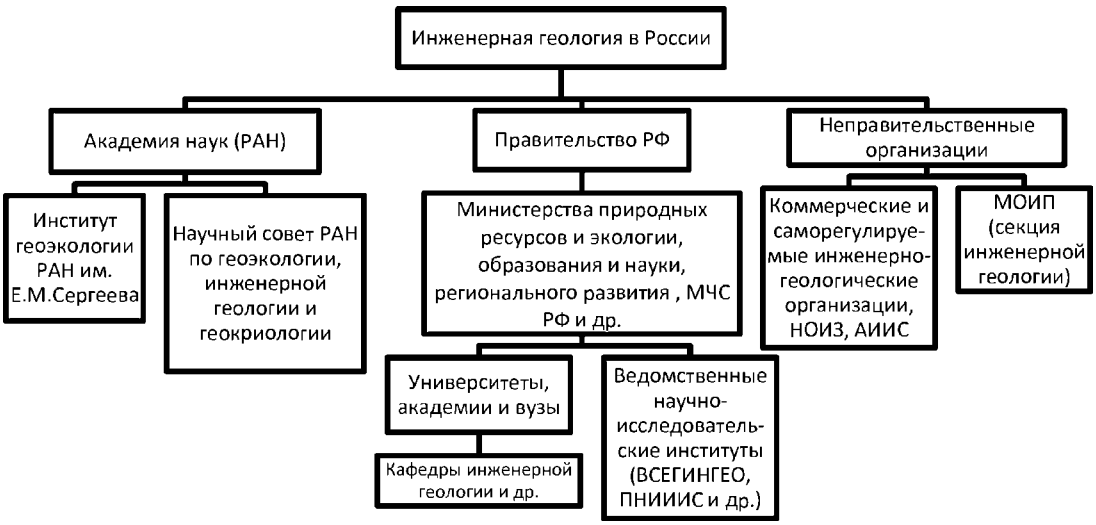


Рис.1.23. Современная структура организации инженерной геологии в России

Большинство из этих инженерно-геологических организаций является членами саморегулируемой организации (СРО) по инженерной геологии – Ассоциации инженерных изысканий для строительства (АИИС) и др., входящих в национальную структуру – НОИЗ.

Среди прочих некоммерческих организаций по-прежнему работает секция инженерной геологии при Московском обществе испытателей природы (МОИП). Кроме того, в Санкт-Петербурге было создано «Охотинское общество грунтоведов», названное так в честь известного грунтоведа В.В.Охотина и объединившее в себе многих видных инженер-геологов страны, занимающихся различными вопросами грунтоведения.

Существенное значение для управления развитием инженерной геологии, координацией научных исследований всего инженерно-геологического сообщества в России продолжают играть сложившиеся научные школы, а также различные научные конференции и совещания, особенно проводимые на регулярной основе. Среди них следует назвать ежегодные Сергеевские чтения, проводимые Институтом геоэкологии РАН и геологическим факультетом МГУ, ежегодные конференции по проблемам инженерно-геологических изысканий, проводимые ПНИИИСом, регулярные конференции по разным актуальным вопросам инженерной геологии, проводимые геологическим факультетом МГУ им. М.В.Ломоносова и кафедрой инженерной и экологической геологии и др.

1.5.2. Современное состояние грунтоведения

Современное состояние грунтоведения в России характеризуется дальнейшим усилением разработки теоретических аспектов этого направления. В условиях снижения объемов полевых инженерно-геологических исследований в начале XXI в., что было обусловлено изменением экономических основ государства, акцент в развитии грунтоведения был сделан на обобщении ранее собранных материалов и совершенствовании его теоретико-методической базы.

В развитие грунтоведения в настоящий период существенный вклад вносят работы таких исследователей как Е.А.Вознесенский, Б.Ф.Галай, Р.Э.Дашко, И.В.Дудлер, В.В.Дмитриев, В.Д.Казарновский, В.А.Королёв, В.М.Ладыгин, А.А.Лаврусевич, С.И. Маций, В.Е.Ольховатенко, В.И.Осипов, Т.Г.Ряшенко, В.И.Сергеев, В.Н.Соколов, С.Н.Сотников, В.Т.Трофимов, Ю.В.Фролова, А.Г.Шашкин и др.

Проблемы грунтоведения, как и другие теоретические и практические вопросы современной инженерной геологии, регулярно обсуждаются на ежегодной Международной научной конференции «Сергеевские чтения»[1], организуемой МГУ им. М.В.Ломоносова и Институтом геоэкологии РАН им. Е.М.Сергеева (рис.1.24). В трудах этой конференции отражены основные результаты исследований как отечественных, так и зарубежных инженер-геологов за последние полтора десятилетия и отражают уровень современных достижений инженерной геологии.

Современное состояние грунтоведения в значительной степени отражено и в новом учебнике «Грунтоведение», вышедшем в 2005 г. В этом новом 6-м издании учебника «Грунтоведение», изданном под редакцией В.Т.Трофимова, изложены новейшие достижения в этой области.

[1] Конференция, проводимая в честь академика Е.М.Сергеева, материалы которой отражены на сайте ИГЭ РАН: http://geoenv.ru/index.php/ru/

Академик Виктор Иванович Осипов

Регина Эдуардовна Дашко

Вячеслав Николаевич Соколов

Рис.1.24. Международная конференция 4-е Сергеевские чтения (слева-направо): А.В.Аникеев, А.Д.Жигалин, В.А.Королёв, Г.Г.Щербак (на переднем плане), В.Н. Соколов, А.Г.Кошелев, В.М.Кутепов. Москва, Красный зал РАН, 21 марта 2002 г.

По сравнению с предыдущими изданиями в этом учебнике: 1) более полно и концентрировано рассмотрены теоретико-методологические позиции грунтоведения; 2) приведена наиболее полная характеристика компонентного состава грунтов (использована иная систематизация силикатов, включена характеристика сульфидов, искусственных силикатов и др.; по-новому дана систематизация глинистых минералов и органики; включена характеристика газогидратов; жидкий и

газовый компоненты охарактеризованы на основе новой систематизации; более полно рассмотрена биотическая составляющая грунтов, приведен видовой состав биоты в грунтах и т.п.); 3) по-новому и более полно рассмотрено строение грунтов (охарактеризованы особенности всех межфазных границ, в том числе с участием биоты; рассмотрены все типы контактов, в том числе с участием льда; введены и впервые рассмотрены биогенные структурные связи; наиболее полно рассмотрена структурно-пространственная организация грунта в целом; приведены методы анализа соотношения всех компонент грунта; изложены принципы систематики структур и текстур всех типов грунтов, включая мерзлые); 4) свойства грунтов рассмотрены на основе новой систематизации (при этом рассмотрены впервые химические, газофизические, биотические, радиационные и др. свойства); физико-механические свойства грунтов рассмотрены более полно (в том числе для талых и мерзлых грунтов); приведены последние и наиболее полные данные по динамическим свойствам грунтов.

Наряду с этим большое внимание в этом учебнике было уделено характеристике различных генетических типов грунтов, вопросам формирования их свойств. При этом характеристика грунтов различных классов дана на основе новой классификации, в неё включены и мерзлые грунты. Значительное внимание уделено характеристике формирования состава, строения, состояния и свойств грунтов. Этот раздел отсутствовал в 5-м издании, а в 3-м и 4-м был приведен кратко. В новом издании дана полная характеристика всех генетических групп грунтов и приведены закономерности формирования свойств грунтов всех генетических классов. Массивы грунтов в новом учебнике рассмотрены более полно. Включены в рассмотрение массивы мерзлых грунтов, дана характеристика массивов техногенных грунтов.

В итоге можно заключить, что создан учебник «Грунтоведение» нового поколения, учитывающий последние и современные достижения науки, методику и накопленный опыт преподавания грунтоведения. При этом в нём сохранены и развиты лучшие положения прежних изданий учебника, изданных под редакцией Е.М.Сергеева, обеспечивая их преемственность, и достигнуто оптимальное сочетание глубины с доступностью изложения материала.

Другим важным изданием в области грунтоведения этого периода является монография «Инженерная геология России. Том 1. Грунты России», изданной в 2011 г. под редакцией В.Т.Трофимова. Это первая обобщающая работа по грунтам России, в которой изложены современные теоретические представления о грунтах и их инженерно-геологических особенностях.

1.5.3. Современное состояние инженерной геодинамики

Современное состояние инженерной геодинамики характеризуется, прежде всего двумя особенностями: 1) значительными успехами в разработке общетеоретических вопросов; 2) широким внедрением в арсенал ее методов новейших компьютерных технологий, ГИС различного назначения, математического моделирования и т.п.

Кроме того, характерной особенностью современного периода является резкое снижение количества крупных строительных проектов, в которых была бы востребована инженерная геодинамика. Если в период СССР таких проектов реализовывалось достаточно много и на регулярной основе, то в первые десятилетия XXI в. в России реализовано лишь несколько таких крупных строительных проектов.

Среди них можно назвать: строительство в Москве комплекса высотных зданий международного делового центра «Москва-сити» (рис.1.25); строительство комплекса сооружений к саммиту АТЕС во Владивостоке в 2012 году; строительство комплекса сооружений Олимпийских объектов (Сочи-2014), строительство в 2010-2012 гг. магистрального трубопровода «Северный поток» ("NordStream") по дну Балтийского моря в Германию – самого длинного в мире поводного трубопровода; начало строительства магистрального трубопровода по дну Черного моря («Турецкий поток»); начало строительства Крымского моста через Керченский пролив (срок окончания строительства – 2019 г.) и ряд других.

Александр Александрович Варга

Владимир Степанович Круподеров

Владимир Давидович Казарновский

В то же время стоит добавить, что на многих из этих объектов работали иностранные компании и изыскатели, а не отечественные инженер-геологи. И тем не менее, строительство некоторых из перечисленных объектов не было в полной мере успешным из-за случавшихся аварий и допущенных просчетов. Всё это свидетельствует, с одной стороны, о снижении доверия заказчиков к собственным исполнителям и отечественным инженер-геологам, а с другой – о снижении качества инженерных изысканий.

Рис. 1.25. Международный деловой центр «Москва-сити»

Из возможных будущих грандиозных строительных проектов XXI века, в которых роль и участие российских инженер-геологов будут весьма значительны и востребованы, можно назвать следующие: 1) строительство тоннеля через Берингов пролив из России на Аляску и одновременный подвод к нему высокоскоростной железной дороги через всю Сибирь; 2) строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва-Пекин».

Рис.1.26. В.А.Королев и И.П.Иванов (С.-Пб, Горный институт, 2005 г.)

Принципиально новым в развитии инженерной геодинамики этого периода стала разработка экологических аспектов. Период конца XX века характеризовался особой обстановкой, в которой геологические процессы и явления, вызванные многогранной деятельностью человеческого общества, стали представлять реальную угрозу своим масштабом и интенсивностью для жизнедеятельности на Земле. Прогноз, предупреждение и ограничение этой угрозы стали важнейшей экологической задачей человека, вооруженного определенными знаниями и техникой. По всей видимости, настало время, когда в инженерной геологии на первый план должны выйти проблемы и результаты взаимодействия в виде различных процессов и явлений, определяющих экологическую безопасность жизнедеятельности и масштабы защитных мероприятий, обеспечивающих ее (Иванов, Трщинский, 2001). Именно эти проблемы и была призвана решать складывающаяся в это время экологическая геодинамика.

В начале XXI в. дальнейшее развитие инженерной геодинамики было также связано с решением различных экологических проблем. В этот период существенный вклад в разработку теории инженерной и экологической геодинамики, в изучение природных и техноприродных катастроф внесли такие ученые как В.П.Ананьев, В.А.Аниколенко, А.И.Арнаутов, Г.К.Бондарик, Ф.Ф.Брюхань, Г.С.Вартанян, М.С.Голицын, Р.Э.Дашко, И.В.Дудлер, А.Д.Жигалин, В.Г.Заиканов, В.Г.Зайончек, М.С.Захаров, Д.Г.Зилинг, И.П.Иванов (рис.1.26), В.Д.Казарновский, А.П.Камышев, Н.А.Касьянова, В.И.Коробкин, В.А.Королев, В.Ф.Котлов, Г.Л.Кофф, Н.С.Красилова, В.С.Круподеров, В.Н.Крылов, А.В.Кузьмин, В.М.Кутепов, В.К.Кучай, Б.П.Любимов, И.В.Мальнева, А.В.Николаев, В.Н.Новожилов, В.Е.Ольховатенко, В.И.Осипов, В.Н.Островский, Л.А.Островский, И.А.Парабучев, Е.М.Пашкин, М.М.Певзнер, В.Ф.Перов, А.Д.Потапов, К.Г.Пшеничников, А.Л.Рагозин, А.Л.Ревзон, И.А.Саваренский, Д.А.Тимофеев, С.В.Тимофеев, И.О.Тихвинский, В.Т.Трофимов, Н.М.Хайме, М.А.Харькина, И.В.Чеснокова, А.И.Шеко, В.Н.Экзарьян и многие др.

Евгений Меркурьевич Пашкин

Разработка В.Т.Трофимовым, Д.Г.Зилингом и др. теоретических основ учения о экологических функциях литосферы и, в частности, ее геодинамической функции в том числе базировалось на учете экологической роли геодинамических процессов (2000). Современная разработка теории инженерной и экологической геодинамики развивается как в связи с традиционными запросами строительства, так и в связи с запросами экологического (эколого-геологического) содержания.

Другой отличительной чертой инженерной геодинамики этого периода является широкое внедрение в науку современных геоинформационных технологий, создание специализированных геоинформационных систем (ГИС) для инженерно-геологических целей. В этой области необходимо отметить работы Г.В.Ананьевой, А.М.Берлянта, Е.А.Бровко, Д.С.Дроздова, О.В.Зеркаля, А.П.Камышева, Е.Г.Капралова, С.С.Карпухина, Ю.П.Киенко, С.В.Козловского, Н.В.Коноваловой, В.А.Королева, А.В.Кошкарева, Е.С.Мельникова, В.В.Пендина, А.Л.Ревзона, В.С.Тикунова, Е.И.Халугина, В.Я.Цветкова и др. На базе геоинформационных технологий стали активно разрабатываться новые методы математического и вероятностного моделирования различных геодинамических процессов, на базе ГИС стали создаваться системы мониторинга опасных геодинамических процессов, их картографирования и т.д.

Традиционные направления инженерной геодинамики, изучение закономерностей инженерно-геологических процессов, вопросы мониторинга геологических процессов в этот период разрабатывали С.А.Акинфиев, В.Н.Бурова, И.Н.Бутряков, Н.Г.Варазашвили, А.Н.Галкин, Е.С.Дзекцер, С.Г.Дубейковский, В.И.Дьяконова, В.К.Епишин, Ф.Ерыш, О.В.Зеркаль, Р.С.Зиангиров, И.П.Иванов, Н.А.Казаков, Э.В.Калинин, П.А.Каплин, В.В.Каякин, Б.И.Корженевский, В.А.Королев, Б.Ф.Косов, А.Д.Кочев, М.В.Кочетков, В.С.Круподеров, В.В.Кубракова, В.М.Кутепов, В.М.Литвин, И.В.Мальнева, Ю.А.Мамаев, Д.В.Манзырев, Т.П.Мокрицкая, И.И.Молодых, Р.А.Ниязов, А.Б.Островский, А.В.Павлов, Г.А.Паушкин, И.А.Парабучев, В.В.Пендин, В.Ф.Перов, Г.П.Постоев, В.И.Преснухин, М.О.Путикова, В.А.Пырченко, А.Л.Рагозин, В.И.Речицкий, Г.И.Рудько, Ю.С.Рябоштан, А.И.Савич, Е.И.Селюков, О.В.Слинко, М.И.Степанов, А.П.Сударев, С.В.Тимофеев, И.О.Тихвинский, Ю.Б.Трщинский, Р.С.Чалов, Н.Л.Шешеня, Ю.Д.Шуйский, В.И.Уломов, Н.М.Фролов, В.П.Хоменко и многие др. ученые.

В 1990 г. в Москве был создан Инженерно-геологический научный центр АН СССР (с 1991 г. – ИГЦ РАН), который в 1996 г. был преобразован в Институт геоэкологии РАН. Первым директором этого института стал академик РАН В.И.Осипов (рис.1.27).

На рубеже XX и XXI вв. в рамках федеральной целевой научно-технической подпрограммы «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф» под руководством В.И.Осипова была выполнена работа по оценке опасных экзогенных природных и природно-техногенных геологических процессов (Опасные экзогенные процессы, 1999). В этих исследованиях также участвовали А.С.Алешин, А.В.Аникеев, А.А.Варга, К.А.Гулакян,

В.П.Зверев, В.В.Каякин, В.С.Круподеров, В.М.Кутепов, В.В.Кюнтцель, В.И.Макаров, А.А.Махорин, В.А. Мироненко, Г.П.Постоев, Д.А.Тимофеев, Р.С.Чалов, А.И.Шеко и др. Авторами были рассмотрены общие представления об ЭГП, энергетика ЭГП, массоперенос и подвижность масс, роль техногенеза при экзогеодинамике, вопросы мониторинга ЭГП, прогноз и моделирование ЭГП, оценка опасности и риска ЭГП, а также вопросы инженерной защиты территорий и снижения ущербов от экзогенных процессов.

Позже, в 2000-2003 гг. под общей редакцией В.И.Осипова и С.К.Шойгу была выпущена 6-томная монография «Природные опасности России», в которой с геоэкологических позиций анализировались различные опасные природные процессы, в том числе сейсмические, экзогенные, геокриологические, метеорологические и др. Авторами этой монографии явились ведущие ученые России в области геологии и географии, специализирующиеся на исследовании различных опасных природных процессов.

Заметным событием стал выход в 2013 г. монографии «Инженерная геология России. Том 2. Инженерная геодинамика территории России» под редакцией В.Т.Трофимова. В этой работе впервые приведено широкое теоретико-методологическое обобщение инженерно-геологического изучения современных геологических процессов, охарактеризовано их морфологическое, генетическое и региональное многообразие на территории России.

Рис.1.27. Здание центрального офиса Института геоэкологии РАН им. Е.М.Сергеева в Москве

1.5.4. Современное состояние региональной инженерной геологии

Современное состояние региональной инженерной геологии характеризуется появлением работ обобщающего характера, разработкой специализированных ГИС, охватывающих значительные территории.

Важнейшей особенностью настоящего этапа региональных инженерно-геологических исследований является широкое внедрение ГИС-технологий, разработка специализированных региональных геоинформационных систем, автоматизированное компьютерное картографирование и т.п. (Keaton, 2010; Dobbs et al., 2012; Козловский, 2014).

Новые возможности спутникового дистанционного зондирования поверхности и верхних горизонтов литосферы, глобальные системы позиционирования и передачи данных и др. инновационные технологические средства ставят на новый уровень региональные инженерно-геологические исследования как у нас в стране, так и за рубежом.

Значительным событием в области региональной инженерной геологии стал выход в 2007 г. монографии В.Т.Трофимова и Т.И.Аверкиной «Теоретические основы региональной инженерной геологии», в которой впервые были систематизированы и обобщены современные теоретико-методические вопросы региональной инженерной геологии в целом. Эта книга имеет большое значение, она отражает современный уровень развития этого научного направления и во многом определяет развитие региональной инженерной геологии на ближайшие годы.

Не менее важное значение имеет вышедшее в 2008 г. учебное пособие В.Т.Трофимова и Н.С.Красиловой «Инженерно-геологические карты».

Пауль Г.Маринос

Ванг Шинг

Ник Ренгерс

1.5.5. Международное сотрудничество инженер-геологов

Международное сотрудничество в области инженерной геологи в этот период также продолжало активно развиваться, прежде всего, в рамках деятельности МАИГ, национальных секций МАИГ и международных форумов, проводимых под эгидой МАИГ.

В новом тысячелетии состоялось уже четыре конгресса МАИГ[1], на которых были обозначены новые задачи, стоящие перед международным сообществом инженер-геологов.

Фред Байнес

Карлос Дельгадо

Скотт Ф. Бернс

Открыл новое тысячелетие IX-й конгресс МАИГ, состоявшийся в 2002 г. в Дурбане (Южная Африка), и прошедший под девизом «Инженерная геология для развивающихся стран». Затем в 2003 г. в Стамбуле (Турция) под эгидой МАИГ состоялся Международный симпозиум: «Строительные материалы и строительные камни". В 2004 г. секция инженерной геологии была представлена на XXXII-ом Международном геологическом конгрессе во Флоренции (Италия). В 2005 г. в Лионе (Франция) под эгидой МАИГ состоялся Международный симпозиум: «Геология и линейные инфраструктуры", на котором рассматривались различные инженерно-геологические вопросы строительства линейных сооружений.

Следующий X-й конгресс МАИГ прошел в 2006 году в Ноттингеме (Великобритания) под девизом «Инженерная геология городских территорий». Затем в 2007 г. в городе Вейл, штат Колорадо (США) под эгидой МАИГ была организована 1-я Северо-Американская конференция "Оползни". В 2008 г. в Мадриде (Испания) прошла 2-я Европейская региональная конференция МАИГ. В 2009 г. в Чэнду (Китай) были проведены международный симпозиум и 7-я Азиатская региональная конференция МАИГ.

Затем в 2010 г. в Окленде (Новая Зеландия) состоялся XI-й конгресс МАИГ, на котором президентом был избран К.Дельгадо. В 2011 г. в Москве был организован международный симпозиум: "Экологические науки о Земле и инженерные изыскания для зашиты территории и безопасности населения (EngeoPro-2011)» (Environmental..., 2011). В 2012 г. в городе Банф (Канада), во время одновременно прошли 11-й международный и 2-й Северо-Американский симпозиум по «Оползням». В 2013 г. в Пекине (Китай) также одновременно прошли международный симпозиум и 9-я Азиатская региональная конференция МАИГ: «Глобальный взгляд инженерной геологии и окружающей среды».

Очередной XII конгресс МАИГ, прошедший в 2014 г. в Турине, рассмотрел на международном уровне основные актуальные проблемы инженерной геологии и геоэкологии современного этапа: изменение климата и инженерная геология; оползневые процессы; речные бассейны, отложения водоемов и водные ресурсы; морские и береговые процессы; урбанистическая геология, планирование устойчивого развития и использование городских ландшафтов; прикладная геология для крупных инженерных проектов; образование, профессиональная этика и общественное признание инженерной геологии; сохранение культурного наследия.

Работа конгресса проходила по 123 научным сессиям. Кроме устных и стендовых секционных докладов на конгрессе были заслушаны 22 заказные лекции, и прошли заседания 20 тематических семинаров. Особый акцент на конгрессе был сделан на взаимодействии ученых и различных промышленных компаний, фирм и др. структур с целью укрепления кооперации науки и практики. На конгрессе президентом МАИГ был избран доктор С.Ф.Бернс (США) – видный специалист в области инженерной геодинамики.

[1] Президенты МАИГ этого периода: 1999 – 2002: профессор Ванг Шинг (Wang Sijing, Китай); 2003 – 2006: доктор Ник Ренгерс (Niek Rengers, Нидерланды); 2007 – 2010: доктор Фред Байнес (Fred Baynes, Австралия); 2011 – 2014: профессор Карлос Дельгадо (Carlos Delgado, Испания); 2015-2018: доктор Скотт Бернс (Scott F. Burns, США).

Виктор де Мелло

Ван Импе

Вячеслав Александрович Ильичев

К юбилейной дате – 50-летию образования Ассоциации – Исполкомом МАИГ в издательстве «Сайенс пресс», Пекин (Science Press, Beijing) была выпущена книга «50 лет МАИГ» под редакцией К. Дельгадо, С.Дюпрэ, П.Мариноса, Р.Оливеры. В этом издании отражена история Ассоциации с момента ее зарождения в 1965 г. до наших дней. Книга составлена на основе воспоминаний деятелей МАИГ разных лет и материалов, представленных различными национальными группами. Каждый этап развития Ассоциации иллюстрирован большим количеством фотодокументов.Следующий XIII-й конгресс МАИГ намечено провести в Сан-Франциско (США) в 2018 г.

В Российской национальной группе МАИГ в 2015 г. состояло 85 членов инженер-геологов и геокриологов, и среди них доктора наук: В.П.Ананьев (РГСУ), А.В.Аникеев (ИГЭ РАН), Г.К.Бондарик (МГРИ-РГГРУ), А.В.Брушков (МГУ), А.А.Варга (Инженерный центр ЕЭС), А.С.Викторов (ИГЭ РАН), Е.А.Вознесенский (МГУ), Б.Ф.Галай (Сев.-Кав. ГТУ), И.В.Галицкая (ИГЭ РАН), А.М.Гальперин (НИТУ МИСиС), О.Н.Грязнов (УГГУ), Р.Э.Дашко (НМСУ «Горный»), В.В.Дмитриев (МГРИ-РГГРУ), С.Н.Елохина (УГГУ), Р.С.Зиангиров (ГУП Мосгоргеотрест), И.П.Иванов (НМСУ «Горный»), В.Д.Казарновский (ОАО «Союздорнии»), Э.В.Калинин (МГУ), В.Н.Катаев (ПГНИУ), В.А.Королев (МГУ), С.В.Козловский (ИГЭ РАН), В.С.Круподеров (ВСЕГИНГЕО), А.А.Лаврусевич (МГСУ), Н.Г.Мавлянова (ИГЭ РАН), С.И.Маций (КубГАУ), С.А.Несмеянов (ИГЭ РАН), В.Е.Ольховатенко (ТГАСУ), В.И.Осипов (ИГЭ РАН), И.А.Парабучев (Инж. центр ЕЭС), Е.М.Пашкин (МГРИ-РГГРУ), В.В.Пендин (МГРИ-РГГРУ), Т.И.Подгорная (Тихоокеанский ГУ), Г.П.Постоев (ИГЭ РАН), В.Г.Румынин (ИГЭ РАН), Т.Г.Рященко (ИЗК СО РАН), А.И.Савич (ЦСГНЭО), В.И.Сергеев (МГУ), В.Н.Соколов (МГУ), В.Т.Трофимов (МГУ), В.П.Хоменко (МГСУ), М.А.Холмянский (ВНИИОкеангеология), Л.Н.Хрусталёв (МГУ), К.Ш.Шадунц (КубГАУ), А.Г.Шашкин (Георекономструкция), В.М.Швец (МГРИ-РГГРУ), Г.И.Швецов (АлтГТУ), Н.Л.Шешеня (ПНИИИС), В.Н.Экзарьян (МГРИ-РГГРУ).

Педро Секо э Пинто

Жан-Луи Брио

Роже Франк

Наряду с МАИГ международное сотрудничество в области инженерной геологии и механики грунтов развивают и другие общественные организации, в частности «Российское общество по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению» (РОМГГиФ), ранее называвшее-

ся Российским Национальным Комитетом по МГиФ (РНКМГиФ). Общество является правопреемником созданной в 1957 году по инициативе АН СССР и Госстроя СССР Национальной Ассоциации СССР по механике грунтов и фундаментостроению (НАМГиФ СССР), объединившей ведущих ученых и специалистов страны в этой области строительства. РОМГГиФ представляет Россию в Международном обществе по механике грунтов и геотехническому строительству (ISSMGE). С его участием отбираются доклады и делегаты на зарубежные научные конференции, планируется тематика научных конференций внутри страны. В настоящий период возглавляет РОМГГиФ профессор В.А.Ильичев. Международное общество по механике грунтов и геотехническому строительству (ISSMGE) возглавляли в этот период президенты: 2004-2008 гг. – Ван Импе (Бельгия); 2009-2013 гг. – Ж.-Л.Брио (США), 2013-2017 гг. – профессор Роже Франк (Франция).

О тематике современной механики грунтов и наиболее актуальных проблемах, которыми она занимается в настоящее время, свидетельствует перечень технических комитетов ISSMGE, каждый из которых сосредоточен на каких-либо конкретных вопросах: 1). Лабораторные исследования механики грунтов; 2). Полевые методы исследования грунтов; 3). Численные методы механики грунтов; 4). Физическое моделирование в геотехнике; 5). Геомеханика от микро- до макро-уровня; 6). Ненасыщенные грунты; 7). Геотехнические аспекты дамб и плотин, защита берегов и восстановление территорий; 8). Транспортирование; 9). Геотехника землетрясений и смежных проблем; 10). Подземное строительство в слабых грунтах; 11). Исследование предельного состояния в геотехнике; 12). Интерактивное геотехническое проектирование; 13). Взаимодействие грунта и сооружения, подпорные стенки; 14). Стабилизация склонов; 15). Геотехника шельфа; 16). Сооружение дамб; 17). Улучшение свойств грунтов; 18). Фундаменты глубокого заложения; 19). Геотехнические аспекты эрозии грунтов; 20). Слабые грунты как основания сооружений; 21). Геотехника окружающей среды (Environmental Geotechnics, Geo-Environmental); 22). Механика мерзлых грунтов.

Отдельно в современной тематике комитетов ISSMGE выделяются актуальные социально-ориентированные направления геотехнических исследований: 1). Исторических площадки, сохранение исторических мест и сооружений; 2). Спорные проблемы в геотехническом строительстве; 3). Уменьшение и восстановление прибрежных и речных разрушений; 4). Практика оценки и управления риском; 5). Геотехническая инфраструктура мегаполисов и новых столиц; 6). Геотехническое образование, включая использование компьютерных программ; 7). Проблемы городов ниже уровня моря в связи с его колебаниями.

Как видно из приведенных перечней обозначенных вопросов и проблем, многие из них являются непосредственно инженерно-геологическими или эколого-геологическими (в понимании отечественных инженер-геологов и геоэкологов).

1.5.6. Современное состояние подготовки инженер-геологов

Кардинально видоизменилась система подготовки кадров инженер-геологов в вузах: в связи с внедрением в структуру высшего образования многоуровневой системы, во многих вузах подготовка специалистов инженер-геологов была заменена на двухуровневую подготовку бакалавров геологии и подготовку магистров по специальности «инженерная геология». В систему высшего профессионального образования были введены федеральные государственные общеобразовательные стандарты (ФГОС).

Вадим Владимирович Пендин

Виктор Титович Трофимов

Олег Николаевич Грязнов

В связи с этим изменились и обновились учебные программы инженерно-геологических курсов в вузах. В 2010 г. были утверждены и введены ФГОС ВПО по направлению подготовки 020700 «Геология» с присвоением квалификации (степени) "бакалавр" и "магистр". В ряде университетов началась подготовка магистров по специальности «Инженерная геология».

В рассматриваемый период в России была проведена реорганизация ряда вузов; были образованы путём слияния федеральные университеты в различных округах страны; изменился статус и названия многих вузов – большинство институтов получило статус академий или университетов. В этой связи прошла реорганизация на ряде кафедр, ведущих подготовку по специальности «Гидрогеология и инженерная геология» (21.02.09).

В 2010 г. был введен в действие ФГОС среднего специального образования по специальности 130108 «Гидрогеология и инженерная геология» с присвоением квалификации «Техник гидрогеолог» и при углубленной подготовке – «Специалист гидрогеолог». В 2014 г. этот ФГОС был обновлен для специальности 21.02.09 «Гидрогеология и инженерная геология».

Илизар Талгатович Мирсаяпов

Станислав Викторович Линовский

Виктор Львович Бочаров

В ведущих вузах страны[1] началась подготовка бакалавров по профилизации «Гидрогеология и инженерная геология» с присвоением квалификации «Гидрогеолог – инженер-геолог» и подготовка магистров п+о программе «Инженерная геология»: в МГУ им. М.В.Ломоносова (зав. кафедрой инженерной и экологической геологии – профессор В.Т.Трофимов) (рис.1.28); в СПб государственном университете (зав. кафедрой грунтоведения и инженерной геологии – доцент В.Г.Зайончек); в СПб Горном университете (зав. кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии – доцент Д.Л.Устюгов).

Завен Григорьевич Тер-Мартиросян

Валентин Егорович Ольховатенко

Владимир Глебович Зайончек

Выпуск инженер-геологов осуществляся также в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (зав. кафедрой оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии – профессор И.В.Носков); в Воронежском государственном университете (зав. кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии, и геоэкологии – профессор В.Л.Бочаров); в Казанском (Приволжском) государственном университете (зав. кафедрой общей геологии и гидрогеологии – доцент А.А.Галеев); в Казанском государственном архитектурно-строительном университете, КГАСУ (зав. кафедрой оснований,

[1] Указаны заведующими кафедрами на 2015 г.

фундаментов, динамики сооружений и инженерной геологии – профессор И.Т.Мирсаяпов).

Людмила Александровна Строкова

Валерий Викторович Середин

Александр Леонидович Невзоров

По новым программам подготовка инженер-геологов началась в Крымском федеральном университете им. В.И. Вернадского (зав. кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов – доцент И.М.Дьяков); в Московском автодорожном институте (МАДИ) (зав. кафедрой инженерной геологии и геотехники – профессор Э.М.Добров); в Московском государственном строительном университете (МИСИ-МГСУ) (зав. кафедрой инженерной геологии и геоэкологии – профессор А.А.Лаврусевич).

Продолжалась подготовка инженер-геологов Московском геолого-разведочном институте (МГРИ – РГГРУ) (зав. кафедрой инженерной геологии – профессор В.В.Пендин) (рис.1.29); в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете, ННГАСУ (зав. кафедрой геоэкологии и инженерной геологии – доцент С.Е.Копосов); в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете (СИБСТРИН), НГАСУ (зав. кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов – профессор С.В.Линовский).

Подготовка инженер-геологов ведется в Пермском государственном университете (зав. кафедрой инженерной геологии и охраны недр – профессор В.В.Середин); в Ростовском государственном строительном университете (зав. кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов – профессор А.Ю.Прокопов); в С.-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете (зав. кафедрой геотехники – профессор Р.А.Мангушев); в Саратовском государственном техническом университете (зав. кафедрой геоэкологии и инженерной геологии – доцент А.И.Иванов); в Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) (зав. кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов – профессор Ю.Е.Пономаренко); в Томском государственном архитектурно-строительном университете, ТГАСУ (зав. кафедрой инженерной геологии и геоэкологии – профессор В.Е.Ольховатенко).

Рис. 1.29. 80-летие кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ (слева-направо): В.И.Осипов, Л.А.Ярг, Г.К.Бондарик (2013 г.)

Выпуск инженер-геологов осуществлялся также в Томском политехническом университете (зав. кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии – профессор Л.А.Строкова); в Уральском государственном горном университете, УГГУ (зав. кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии – профессор О.Н.Грязнов); в Южном федеральном университете (на. кафедре гидрогеологии и инженерной геологии); в Северо-Восточном федеральном (Якутском) университете (зав. кафедрой мерзлотоведения – доцент О.А.Поморцев); в Северном (Арктическом) федеральном университете, САФУ, г.Архангельск (зав. кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов – профессор А.Л.Невзоров) и др.

Рашид Александрович Мангушев

Андрей Александрович Лаврусевич

Альберт Юрьевич Прокопов

Рис.1.28.Конференция к 100-летию со дня рождения Е.М.Сергеева (слева-направо): академик В.И.Осипов, профессора В.Т.Трофимов, В.С.Круподеров, Е.А.Вознесенский, декан геологического ф-та МГУ академик Д.Ю.Пущаровский, ректор МГУ академик В.А.Садовничий, МГУ, 2014 г.

1.5.7. Современное состояние теоретической инженерной геологии

На современном этапе всё шире продолжают разрабатываться теоретические вопросы инженерной геологии в целом, и этот факт является одной из главных характерных черт современного этапа развития инженерной геологии.

Так, например, Г.К.Бондарик выделил следующие его характерные черты (Бондарик, 1996; Бондарик, Ярг, 2015):

1. Четкое оформление научных направлений инженерной геологии, их отношений, выявляющих структуру.
2. Попытки создания категориального базиса (системы научных категорий).
3. Разработка отдельных частных теорий и теорий научных направлений.
4. Попытки формулирования законов инженерной геологии (курсивом выделено нами).
5. Разработка моделей объектов и процессов, приоритет прямых задач.
6. Попытка осмысления системы научных знаний инженерной геологии и её логической структуры (разработка специальной логики).
7. Попытка создания общей теории инженерной геологии, содержащей обоснование логической структуры, научного метода внешней структуры (отношения с другими науками).

Как видно из этого перечня, по мнению Г.К.Бондарика, к 1996 г. в инженерной геологии ещё не была создана общая теория инженерной геологии и теории её основных трёх научных направлений (грунтоведения, инженерной геодинамики или «экзогеодинамики» по Г.К.Бондарику и региональной инженерной геологии). В настоящее время, т.е. спустя почти 20 лет, это положение мало изменилось.

Что же касается собственных законов инженерной геологии, то, по его мнению, к 1996 г. предпринимались лишь отдельные попытки формулирования таких законов. В частности в 1977 г. В.Д.Ломтадзе сформулировал 8 основных законов инженерной геологии, охарактеризованных им в учебнике «Инженерная геология. Инженерная геодинамика» (1977). К концу 1990-х годов число таких попыток несколько увеличилось, однако актуальность формулировки законов инженерной геологии – создания номологической базы, по-прежнему остается высокой, что рассматривается ниже (см. гл.5-9).

Таким образом, следующий, теоретический этап развития инженерной геологии будет зависеть целиком от разработки её номологической базы. Это, однако, отнюдь не означает, что инженерная геология на третьем, теоретическом этапе своего развития замкнется лишь в теоретических проблемах. Совсем нет. Практические вопросы были и будут оставаться

востребованными в инженерной геологии, т.к. они обусловлены долговременными запросами практики развития общества.

Наряду с вышеупомяной монографией В.Т.Трофимова и Т.И.Аверкиной (2007) в последние годы в инженерной геологии появляется все больше работ теоретико-методологической направленности.

Существенным вкладом в разработку понятийно-терминологической базы инженерной геологии стал выход в 2012 г. монографии «Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии», подготовленной под редакцией В.Т.Трофимова.

В 2011 и 2013 гг. под общей редакцией В.Т.Трофимова были изданы обобщающие монографии «Инженерная геология России»: том 1 «Грунты России» и том 2 «Инженерная геодинамика России», в которых были проанализированы основные теоретические положения по двум важнейшим научным направлениям инженерной геологии.

В 2015 г. Г.К.Бондариком совместно с Л.А.Ярг было издано учебное пособие «Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии», в котором был наиболее полно отражен высокий теоретический уровень современной инженерной геологии.

Таким образом, характерными чертами развития инженерной геологии на современном этапе по нашему мнению являются:

- *изменение структуры организации науки;*
- *дальнейшее развитие и оформление теоретико-методологической базы инженерной геологии (структуры, разработка понятийного аппарата – системы научных категорий, методологии познания, номологической базы);*
- *внедрение в практику исследований и изысканий новых информационных технологий на основе компьютерной техники, прикладных компьютерных программ, 3D-моделирования и т.п.;*
- *разработка и внедрение в практику инженерно-геологических исследований геоинформационных систем (ГИС-технологий) различного уровня и назначения, включая структуры мониторинга геологических и литотехнических систем;*
- *внедрение в практику инженерно-геологического картографирования компьютерных технологий и спутниковой информации;*
- *внедрение в инженерно-геологические исследования и изыскания новых высокоточных и высокоинформативных автоматизированных средств и приборов (рентгеновских томографов, лазерных анализаторов, спектрометров и т.п.);*
- *применение инженерно-геологической информации к решению экологических проблем, интеграция инженерной геологии с геоэкологией и экологической геологией.*

1.6. Перспективы, закономерности развития и эволюции инженерной геологии

Приведенный выше исторический анализ развития и современного состояния инженерной геологии свидетельствует о том, что:

- *инженерная геология не стоит на месте и развивается с учетом как общих, так и специфических закономерностей эволюции наук;*
- *возникнув как сугубо прикладная наука, в ответ на практические запросы общественного развития, инженерная геология в настоящее время выступает и как прикладная, и как теоретическая (фундаментальная) дисциплина;*
- *инженерная геология развивается как по пути дифференциации ее научных и прикладных направлений, так и по пути их интеграции;*
- *развитие инженерной геологии происходит на основе расширения ее проблематики (см. гл.3) и сложности решаемых задач.*

Отсюда возникает вопрос: какова перспектива развития инженерной геологии в будущем?

Вопросам дальнейшего развития инженерной геологии уделялось и продолжает уделяться значительное внимание в методологии этой науки, особенно начиная с 1970-х годов. Идеи о дальнейшем развитии инженерной геологии высказывали Г.К. Бондарик (1996), И.В.Дудлер (1996), Ю.Ф.Захаров (1996), Р.С.Зиангиров (1996), В.А.Королев (1996,б), В.И.Осипов (1996), Е.М.Пашкин (1996), М.В.Рац и Б.Г.Слепцов (1996), Л.Б.Розовский (1971, 1979), Е.М.Сергеев (1971, 1979), В.Т.Трофимов (1996), А.И.Шеко (1996) и др. Эти проблемы не раз обсуждались на различных конференциях инженер-геологов, как у нас в стране, так и за рубежом. Можно уверенно сказать, что перспектива развития инженерной геологии стала международной проблемой.

Рикардо Оливейра

Мартин Кулшоу

Джеффри Р. Китон

Международное сообщество инженер-геологов также интересует будущее и перспективы развития инженерной геологии. В этой связи эти вопросы не раз обсуждались на различных международных форумах, в том числе на заседаниях американской Ассоциации инженер-геологов (АИГ) в Рино (Невада, США) (2002), Вэйле (Колорадо, США) (2003) и Дирборне (штат Мичиган, США) (2004). В последние годы, было много споров о том, что представляет собой инженерная геология и как она будет развиваться в будущем (Tepel, 2004; Baynes et al., 2009; Inoue et al., 2009). На 10-м конгрессе Международной ассоциации по инженерной геологии и окружающей среде (IAEG) этой теме даже была посвящена специальная сессия "Будущее инженерной геологии". На ней, в частности, было отмечено, что:

- *инженерная геология в настоящее время определяется как профессия со статусом и признанной ролью в рамках более широкой сферы – геоинженерии;*
- *необходимо большее участие инженер-геологов в проектах, связанных с изменением окружающей среды и оценкой опасных геологических процессов;*
- *необходимо укрепление и расширение связи инженер-геологов с обществом в целом, большее информирование о том, что могут решать инженер-геологи и о тех достижениях, которые они производят.*

Что касается трансформации инженерной геологии в более общую науку – геоинженерию (geological engineering), то эта точка зрения все более превалирует на западе. Геоинженерию рассматривают как междисциплинарную область наук, в которой принципы наук о Земле используются для решения инженерных и экологических проблем. Она соединяет геологию, гражданское строительство и другие научные сферы (например, горнодобывающие науки, географию, лесное хозяйство и т.п.), чтобы обеспечить универсальный набор навыков, применимых к широкому спектру современных проблем. Во многих западных вузах уже готовят специалистов по геоинженерии (Tepel, 2004).

Тем не менее, единого и определенного мнения международного сообщества по вопросу перспектив развития инженерной геологии на указанном конгрессе МАИГ достигнуто не было. Одни авторы считали, что инженерная геология должна переориентироваться на вопросы рационального использования окружающей среды, другие считали, что будущее за международной кооперацией инженер-геологов.

Согласно Дж.Р.Китону (Keaton, 2010) в инженерной геологии ближайшего будущего будут доминировать цифровой сбор данных, их обработка, использование и отображение. Перед инженер-геологами будет стоять задача количественной оценки изменчивости и неопределенности развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Именно эти исследования будут приобретать все большее значение для обеспечения устойчивого развития. Новые возможности инженерно-геологических исследований дают впечатляющие результаты разработки и использования новых инструментальных средств – лазерного сканирования, наземной фотограмметрии и др. Наземные полевые инженерно-геологические исследования все больше будут оснащаться системами спутникового позиционирования (GPS, Глонасс) и беспроводной передачи инженерно-геологических данных. Традиционные инженерно-геологические карты все более будут заменяться на трехмерные интерактивные инженерно-геологические модели и геоинформационные системы (ГИС).

Прикладные аспекты инженерной геологии и её востребованность строительными и др. компаниями также, согласно (Keaton, 2010), будет всё более возрастать, т.к. именно инженерно-геологическая информация позволяет существенно снизить строительные издержки и обеспечить надежность сооружений и др. реализуемых хозяйственных проектов. По этой причине будет возрастать и востребованность в высококвалифицированных кадрах инженер-геологов, в связи с чем их подготовка в вузах также будет расширяться.

Не раз пути и прогноз дальнейшего развития инженерной геологии обсуждались на различных научных конференциях и совещаниях[1]. При этом на уровне научных идей высказывались разные точки зрения и предположения, приводимые ниже. В какой-то степени эти идеи можно рассматривать и как научные гипотезы. Все они объединяются в рамках одной пока открытой проблемы (см. гл.3, проблема 17) – прогноза развития инженерной геологии как науки. Приведем эти идеи.

1. **Идея о трансформации инженерной геологии в науку о ноосфере.** Впервые идея о том, что в будущем инженерная геология превратится в науку о ноосфере была высказана академиком Е.М.Сергеевым[2] в 1971 г.

Он писал: «инженерная геология должна быть наукой о ноосфере. Это значит, что первоочередной задачей инженерной геологии является изучение динамики земной коры под влиянием деятельности

[1] См., например, сборник: Инженерная геология сегодня и завтра. / Труды Международной научной конференции 5-7 февраля 1996 г., Москва – М.. Изд-во МГУ, 1996, 166 с.

[2] Сергеев Е.М. Ещё раз об инженерной геологии. – В сб.: Пути дальнейшего развития инженерной геологии. / Матлы 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М., Изд-во МГУ, 1971, с.

человека. Понимать это следует широко» (Сергеев, 1971). При этом представления о ноосфере Е.М.Сергеева видимо совпадали с представлениями В.И.Вернадского (1944).

Аналогичную идею высказывал и Л.Б.Розовский (1971). Обстоятельный анализ этой идеи провёл В.А.Королев[1] (1996,б). Он подчеркнул, что ноосфера (как сфера разумной человеческой деятельности) не может служить объектом изучения одних лишь геологических наук, а тем более одной инженерной геологии и поэтому говорить о том, что инженерная геология станет наукой о ноосфере совершенно неверно На этом основании он предложил иную гипотезу, изложенную ниже. Современные представления о ноосфере изложены в ряде работ (Урсул, 2015; Яшин, 2015).

2. **Идея о трансформации инженерногй геологии в науку о геологической среде.** Впервые эта идея была высказана академиком Е.М.Сергеевым в 1979 г.

По мнению В.И.Осипова (1996) этим было заявлено, что одним из важнейших научных направлений в инженерной геологии является охрана геологической среды. В этой связи, например, кафедра грунтоведения и инженерной геологии, возглавляемая в то время Е.М.Сергеевым была переименована в кафедру инженерной геологии и охраны геологической среды.

Е.М.Сергеев считал, что «геологическая среда» – это не только область взаимодействия человека и верхних горизонтов литосферы (реализованная в прошлом, актуальная или потенциальная), которая рассматривается обычно в рамках литотехнической системы (взаимодействия геологических и технических подсистем), но и влияющая друг на друга, т.е. определяющая дальнейшее существование или эволюцию данной литотехнической системы в целом.

За более чем 30 лет, прошедших с момента обоснования Е.М.Сергеевым этой категории, изменились многие представления о ней и в инженерной геологии, и в экологической геологии. Геологическая среда меняется, эволюционирует со временем. Эта эволюция и количественная (постепенный рост объема геологической среды в связи с ростом масштабов техногенных воздействий на литосферу), и качественная (изменение состояния геологической среды). Качественная эволюция геологической среды осуществляется в единстве и борьбе двух противоположностей: с одной стороны – происходит ухудшение качества геологической среды за счет истощения запасов полезных ископаемых, загрязнения грунтов и подземных вод, развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов и т.п.; с другой стороны – улучшение её качества и состояния за счет целенаправленного регулирования и управления свойствами массивов горных пород, управления инженерно-геологическими процессами, создания систем инженерной защиты, мониторинга, очистки грунтов и подземных вод от загрязнений и т.п. Закономерности этой качественной эволюции во многом пока не познаны.

Поэтому, по мнению авторов в категорию «геологическая среда» необходимо вкладывать не только «экологический смысл», как среды обитания (частичного) и жизнедеятельности (в т.ч. хозяйственной и иной) человека, но также и «ноосферный смысл» – как разумно организованной среды обитания (частичной, наряду с иными геосферами Земли) и жизнедеятельности человека (Трофимов, Королев, 2013, 2014).

Исходя из этого авторы дали такое определение понятия геологическая среда – область верхних горизонтов литосферы, находящаяся в прошлом, настоящем или будущем под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека, эволюционирующая во времени, являющаяся компонентом природно-технических экосистем и возможным элементом геноогенеза[2] (Трофимов, Королев, 2013).

Основываясь на такой, широкой трактовке понятия «геологическая среда», можно полагать, что трансформация инженерной геологии в науку о геологической среде (в вышеприведенном смысле) очень близка к ниже изложенным идеям 3 и 4.

3. **Идея о трансформации инженерной геологии в геологию ноолитосферы.** Инженерная геология может изучать лишь геологическую составляющую ноосферы (или геологическую среду в понимании Е.М.Сергеева), а точнее – ноолитосферу, как её геологическую подсистему, геологическую основу. Но в этом случае инженерная геология будет трансформироваться в ноосферную геологию (по В.Е.Хаину) или геологию ноолитосферы (по В.А.Королеву, 1996).

По мнению В.А.Королева (1996,б) «разработка учения о геологии ноосферы – ноолитосфере, будет являться главной теоретической фундаментальной проблемой «инженерной» геологии в XXI веке». При этом её решение должно быть найдено путем синтеза теоретических подходов разных геологических наук и прежде всего экологической геологии, а также тех, которые в настоящее время наиболее близко стоят к экологической геологии: инженерной геологии, гидрогеологии, геохимии и геофизики. Это не означает, однако, что инженерная геология исчезнет как самостоятельная наука.

4. **Идея трансформации инженерной геологии в науку о природно-технических системах.** М.В.Рац и Б.Г.Слепцов, рассматривая в 1996 г. будущее инженерной геологии, считали, что основной ее проблемой является изучение «деятельностно-природных систем» (аналог «природно-технических систем, ПТС»), построение их онтологии и обоснование

[1] Королев В.А. Перспективы развития инженерной геологии и её трансформации в геологию ноосферы. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 60-71.

[2] Термин "ноогенез» был предложен П. Тейяром де Шарденом (2001) для обозначения процесса формирования ноосферы и затем использовался рядом авторов (Грязнов и др., 1999; Королев, 1999 и др.)

структуры. При этом они считали, что «будущее инженерной геологии – в руках нашего профессионального сообщества. Если мы – писали они, пересмотрим основания, предмет занятий, средства своей научной работы и самоопределимся в намеченных выше (достаточно широких) рамках, то инженерная геология имеет шанс оказаться одной из передовых наук будущего. В своем же современном виде она обречена оказаться одной из ряда вспомогательных дисциплин, перспективы которых будут определяться извне – теми сообществами, которые сумеют вовремя сориентироваться в новой реальности и захватить в ней интеллектуальное лидерство» (Рац, Слепцов, 1996).

По мнению многих ученых инженер-геологов (Бондарик Г.К., Трофимов В.Т., Рац М.В., Слепцов Б.Г. и др.) будущее инженерной геологии связано с более углубленным изучением ПТС (построение теории ПТС: их онтологии, структуры, прогнозирования и т.п.).

Однако, по сути, инженерная геология уже сейчас является наукой о природно-технических системах (ПТС) (Бондарик, Ярг, 2015). Таким образом, здесь, в этой идее речь идет скорее о новых акцентах и задачах инженерной геологии – более углубленном изучении опасных геологических и инженерно-геологических процессов в пределах ПТС с целью их прогноза и обеспечения устойчивого развития. Углубление роли инженерной геологии, как науки о ПТС, для обеспечения устойчивого развития цивилизации – актуальная задача современности, перерастающая в глобальную проблему. Важная роль инженерной геологии в решении этой проблемы несомненна и с этим, действительно, может быть связано дальнейшее развитие и эволюция инженерной геологии.

5. **Идея трансформации инженерной геологии в геоинжинерию**. Эта идея особенно преобладает среди многих современных западных инженер-геологов (Kiersch, 1991; Knill, 2001; Culshaw et al., Tepel, 2004, 2010, 2012, 2008, 2009; Baynes et al., 2009; Inoue et al., 2009; Reeves et al., 2009; Keaton, 2010 и др.). В частности, как было показано выше, она не раз обсуждалась на многих международных форумах, в том числе конгрессах и конференциях МАИГ (IAEG).

Идея заключается в том, что в ближайшем будущем инженерная геология будет всё более заниматься вопросами обеспечения безопасности населения и защиты от проявлений опасных геологических и других стихийных природных процессов. Для решения этих вопросов она всё теснее будет взаимодействовать с другими науками о Земле – географией, гидрологией, геоэкологией, климатологией и др. Именно в рамках этого взаимодействия на западе и развивается геоинженерия (Geology Engineering).

По этому направлению в США и во многих странах Западной Европы уже ведется подготовка специалистов – геоинженеров (Tepel, 2004). Они обладают навыками (компетенциями) традиционных специалистов инженер-геологов, но расширенными за счет изучения дополнительных географических и экологических дисциплин. Среди наших отечественных специальностей к геоинженерии ближе всего стоят выпускники вузов, подготовленных по специальностям геоэкология и экологическая геология.

Таким образом, если исходить из направленности подготовки геоинженеров (в западном понимании), то перспектива дальнейшего развития инженерной геологии предполагает ее трансформацию в геоинженерию, а специалистов инженер-геологов – в геоинженеров. Нам кажется, что эта позиция не верна: геоэколог или специалист по экологической геологии не сможет заменить специалиста инженер-геолога, т.к. эти специалисты готовятся хотя и по близким, но различным научным направлениям. Другими словами, инженерная геология не будет трансформирована в геоэкологию или экологическую геологию в силу различий их объектов, предметов и задач исследований (Трофимов, Зилинг, 1996). Исходя из этого, на наш взгляд, идея трансформации инженерной геологии в геоинженерию не имеет под собой серьезных оснований.

Глава 2.
ЛОГИКА, СТРУКТУРА И ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

2.1. Логика инженерно-геологических понятий

Любая наука начинается с определения собственных понятий – своеобразных «кирпичиков», из которых строится всё «здание науки». Система понятий – слов или словосочетаний (система терминов), употребляемых с оттенком специального научного значения, составляет терминологию данной науки. Научное понятие отражает наиболее существенные свойства, связи и отношения каких-либо предметов и явлений.

Логика определения понятий давно и хорошо разработана в методологии наук. Со времен Аристотеля, внесшего основополагающий вклад в логику определений, правильной формулировке определения научных понятий – терминов (особенно новых, вводимых), уделяется большое внимание. Не является исключением в этом отношении и инженерная геология, имеющая в своем арсенале большую понятийно-терминологическую базу. Её основу составляют определения собственных инженерно-геологических понятий, т.е. таких, которые введены и используются в этой науке. Понятийная база – обязательная часть любой научной теории. Но, что такое «определение»?

Определение – это раскрытие логического содержания какого-либо понятия (термина). Определения могут быть разных видов: номинальное, предметное и генетическое. Номинальное определение – раскрывает этимологию, смысловое значение слов (получаемое из толкового словаря). Предметное определение – раскрывает не то, что означает смысл слова, а то, что составляет его предмет или логическое содержание; оно строится по логическим правилам, указанным ниже. Генетическое определение – указывает, как возник предмет, процесс, явление, при этом содержание понятия раскрывается через «историю» его формирования и/или развития. В инженерной геологии (да и в геологии вообще), во многом опирающейся на генетические представления при анализе грунтов, грунтовых толщ, геологических процессов и т.п., генетические определения могут быть особенно предпочтительными. Однако их точная (правильная) формулировка не всегда удается, т.к. для многих инженерно-геологических предметов бывает не ясен их генезис. Большинство же имеющихся инженерно-геологических определений являются предметными и лишь незначительная часть – генетическими.

Верная и точная формулировка определения нового инженерно-геологического понятия – не простая задача, которая должна проводиться по определенным логическим правилам. В логике операцию формулирования определения какого-либо нового понятия называют **дефиницией** (лат. – *definitio*). По-сути, дефиниция – это установление смысла незнакомого (или вводимого) термина с помощью терминов уже известных и осмысленных (Добреньков, Осипова, 2009). Дефиниция это логическое определение, обязательно состоящее из двух частей: 1) указания рода понятия или его родовой принадлежности (лат. – *genus proximum*) и 2) существенного видового признака понятия или видового отличия (лат. – *differencia specifica*). Если с подбором родового понятия в ходе формулирования определения обычно не возникает проблем, то с обоснованием существенного видового отличия вводимого понятия часто возникают трудности, связанные именно с неясностью того, что считать в данном случае наиболее существенным признаком. Трудность состоит ещё и в том, что существенные видовые признаки должны подбираться из простых и хорошо всем знакомых терминов, понятий или категорий. Только в этом случае будет достигнута цель определения – раскрытие содержание понятия (дефиниция «делает» понятие понятным).

Инженерно-геологические определения должны строиться по тем же логическим правилам, что и иные научные определения. К сожалению, в современной инженерной геологии, в монографиях, учебниках, в диссертациях и т.п. очень часто встречаются определения понятий с логическими ошибками. К основным правилам и наиболее частым ошибкам определений относятся следующие:

1. Определение надо давать через *существенные признаки* (а не второстепенные, как это часто бывает). Выбор и обоснование существенных признаков – не простая задача, которую приходится решать ученому.
2. Определение должно быть *соразмерным* (не слишком широким и не узким, не слишком кратким). Чаще всего авторы определений стремятся указать как можно больше существенных признаков определяемого предмета и в итоге получается чрезмерно длинное определение, которое трудно укладывается в памяти и сознании. Практика показывает, что длинные определения не приживаются в науке – чаще всего они рано или поздно заменяются на более краткие.
3. Определение *не должно делать круга* (замыкаться само на себя). Тавтология – определение через повторение того же термина; наиболее часто встречаемая ошибка в определениях.
4. Определение не должно быть *отрицательным* (т.е. определение не того, что означает понятие, а того, что оно не означает).
5. Определение должно быть *ясным* (нельзя использовать двусмысленные и малопонятные

выражения, не научные термины, не раскрытые или узкоспециальные термины и т.п.). Это требование чрезвычайно важно – определение должно быть понятно не только узкому специалисту. Например, кратко «грунтоведение» можно определить как науку о грунтах. И это будет по-сути правильно. Однако в этом определении используется специальный и не раскрытый термин «грунт», т.е. вслед за первым определением надо давать еще одно определение: «грунтом называется .... и т.д.». Только тогда первое определение станет понятным читателю.

Совокупность наиболее важных собственных инженерно-геологических понятий и их логического определения составляет систему научных категорий или понятийно-терминологическую базу инженерной геологии, структура которой рассматривается ниже (гл.2.2). При этом под категориями понимают наиболее важные, ключевые, фундаментальные понятия данной науки (Добреньков, Осипова, 2009). В науке окончательно сложился и получил распространение целый ряд общенаучных категорий, которыми широко пользуются ученые, работающие в разных областях научного познания, в том числе и в инженерной геологии. К таким категориям, например, относятся следующие (по алфавиту): анализ, аспект, верификация, генезис, гипотеза, дедукция, дефиниция, доказательство, закон, закономерность, идея, индукция, истина, классификация, концепция, метод, методика, методология, научная теория, научное исследование, научный факт, опыт, парадигма, принцип, проблема, синтез, система, теория, фактор и др. Определения многих из этих категорий даны в методологии наук и философии (Шарапов, 1989; Разумовский, 1999; Хаин и др., 2008; Добреньков, Осипова, 2009).

Современная система собственных научных категорий инженерной геологии ещё далека от своего окончательного завершения и полной разработки. Доказательством тому служат все еще возникающие научные споры инженер-геологов о тех или иных терминах, их логическом определении, содержании понятий и т.п. И в этом нет ничего неблагоприятного для развития инженерной геологии. Как известно, в спорах рождается истина, а в спорах о терминологии или отдельных понятиях постепенно рождается категориальный базис инженерной геологии.

Тем не менее, очень большой вред разработке категориальной базы инженерной геологии наносит неверное употребление инженер-геологами и др. специалистами и неспециалистами отдельных терминов. Это происходит по разным причинам, но чаще всего инженер-геологи не правомерно видоизменяют уже ранее обоснованные каким-либо автором термины, используют «занятые» термины, неправильно используют термины, не дают литературных ссылок на авторов, вводивших те или иные термины, или не учитывают в полной мере имеющиеся «авторские» определения понятий.

Приоритет нового вводимого специального научного термина считается закрепленным за автором, первым опубликовавшим данное определение в печати или изложившим его в устном докладе на научной конференции, зафиксированном в трудах этой конференции или иных средствах массовой информации (Интернете и т.п.). Если какой-либо термин уже был ранее введен по отношению к одному какому-либо предмету, то он считается «занятым» и не может использоваться для названия (обозначения) какого-либо другого предмета (явления, процесса и т.п.). При этом область научных исследований в этом случае не имеет особого значения. К сожалению, об этом часто забывают, и занятые термины, введенные, например, в физике, химии или географии применяют для обозначения «новых» терминов в геологии. Аналогичная ситуация часто случается и в инженерной геологии. В результате не редко возникает путаница научных понятий.

Согласно Э.Р.Черняку (2010), в инженерной геологии существует большая неразбериха во многих собственно инженерно-геологических терминах. Эта путаница часто инициируется специалистами не инженер-геологами, лицами, не владеющими в полной мере базовой терминологией этой науки или вольно обращающимися с инженерно-геологическими понятиями. Примеров этому можно привести очень много. Ряд ошибочных инженерно-геологических терминов, примеры необоснованного их применения и т.п. рассматриваются ниже.

В целом, используемые в инженерной геологии понятийные категории не равнозначны, они отличаются объемом понятий и содержанием. Именно из этого должна исходить методика построения общей категориальной базы инженерной геологии.

Рис. 2.1. Логическая «пирамида понятий», иллюстрирующая соотношение объема и содержания понятий

При этом объем понятия характеризует круг предметов (множество) на которое распространяется данное понятие, а содержание понятия представляет собой совокупность определенных признаков данного понятия. Объем и содержание понятий находятся в обратном отношении друг к другу: чем больше объем понятия, тем меньше его содержание (в смысле его конкретной характеристики). В логике эта особенность отражается так называемой «пирамидой понятий», показанной на рис. 2.1.

В её вершине находится понятие наибольшего объема (А), содержание которого характеризуется самыми общими (менее конкретными) признаками, в а основании пирамиды – понятия наименьшего объема

(а,б,в,г и т.д.), но с более детальными признаками, т.е. большие по содержанию. Между ними может содержаться неопределенное количество промежуточных уровней – промежуточных или обобщенных понятий, имеющих разную степень обобщения. При переходе от верхнего уровня понятий (от вершины пирамиды к ее основанию) к низшим, выполняется логическая операция ограничения или определения, детерминации понятий (лат. *determinatio*), и, наоборот, при переходе от низших уровней понятий к более высоким (т.е. от основания к вершине пирамиды) выполняется логическая операция обобщения или генерализации понятий (лат. *generalisatio*). В любой науке, в том числе и в инженерной геологии, обе эти операции имеют огромное методологическое значение и выполняются чрезвычайно часто.

Поясним это на конкретном простом примере. Например, пирамида понятий для термина «суглинок» может быть представлена в виде, показанном на рис. 2.2.

Здесь каждый уровень пирамиды арактеризует понятия определенного объема, увеличивающегося к вершине. Заметим, что объем понятий (а), т.е. отражающих гранулометрический состав суглинка больше, чем объем понятий (б), т.е. отражающих консистенцию суглинка. Объясняется это тем, что, например, конкретный суглинок средний может быть и твердым, и пластичным, и текучим, но не наоборот: конкретный суглинок твердый не может быть и легким, и средним, и тяжелым по гранулометрическому составу. Таким образом, правильное определение объемов понятий, обоснование критериев их выделения имеет огромное значение, в частности при классифицировании и типизации различных объектов инженерной геологии.

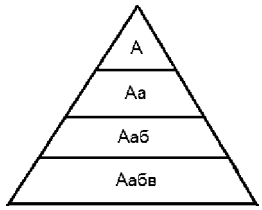


Рис. 2.2. Логическая «пирамида понятий» для термина «суглинок»: А – суглинок; а – тяжелый, средний или легкий; б – твердый, пластичный или текучий; в – ненабухающий, слабонабухающий, средне набухающий или сильнонабухающий

Аналогичные логические «пирамиды понятий» могут быть построены и для понятий, относящимся к другим глинистым грунтам – глинам и супесям. В свою очередь такие пирамиды, вершины которых имеют одинаковый логический объем понятий, могут быть объединены в более крупную пирамиду, например в нашем случае – пирамиду для всех глинистых грунтов и т.д. Таким образом, пирамида может увеличиваться («расти») как вверх за счет генерализации, обобщения понятий, так и вниз за счет расширения содержания понятий. Эти операции, в частности, и позволяют построить систему научных категорий.

Основу терминологии инженерной геологии, её понятийную базу составляют собственные научные термины или понятия, обстоятельный обзор которых бал дан в 2012 г. в монографии «Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии», изданной под редакцией В.Т.Трофимова.

2.2. Система собственных научных категорий инженерной геологии

Обоснованная терминология является необходимым и обязательным условием существования и развития любой науки, любого научного направления. Как отмечалось выше, в методологии любой науки огромное значение имеет собственная понятийно-терминологическая база или система собственных научных категорий. Не является исключением в этом важном вопросе и инженерная геология.

Согласно Г.К.Бондарику (1996), попытки создания категориального базиса (системы научных категорий) отражают современный этап развития инженерной геологии. К настоящему времени в инженерной геологии используется целая гамма собственных научных категорий – специфических инженерно-геологических терминов, с помощью которых может быть построена и ее номологическая база – совокупность выявленных и обоснованных закономерностей, законов и научных теорий.

Однако в полной мере система собственных научных категорий в современной инженерной геологии ещё полностью не обоснована и её построение не завершено. Как же в настоящее время можно построить и представить в обобщенном виде систему собственных научных категорий инженерной геологии?

Собственная система научных категорий инженерной геологии это не просто набор или произвольный перечень специальных инженерно-геологических терминов. Это должна быть именно система, носящая интегральный и многоуровневый характер, построенная таким образом, чтобы наиболее удобно и логически обоснованно использовать специальную терминологию для решения проблем инженерной геологии. Исследование любого предмета как системы (системный анализ), в том числе и системы собственных категорий инженерной геологии, требует выяснения следующих задач (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007; Урманцев, 2014):

- установление предмета, который рассматривается как система;
- формирование перечня компонентов системы;
- нахождение закона композиции и выявление структуры системы;
- определение эмерджентных свойств системы.

Придерживаясь этой схемы, попытаемся обосновать и построить систему собственных категорий инженерной геологии, последовательно выяснив эти четыре задачи.

Во-первых, дадим определение нашего предмета – системы собственных категорий, которую мы рассматриваем как целостную систему: система

собственных научных категорий инженерной геологии – множество специальных инженерно-геологических терминов, находящихся в логических отношениях и связях друг с другом, образующих определенную логическую целостность и единство, и используемых для решения всего спектра проблематики инженерной геологии.

Во-вторых, определим перечень компонентов системы собственных категорий инженерной геологии. Этот перечень компонентов составляют собственные специальные термины инженерной геологии, её трех научных направлений (грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии), а также научных и прикладных разделов инженерной геологии. Набор специальных терминов инженерной геологии формировался постепенно с момента её оформления как науки, расширялся в течение последнего столетия и продолжает пополняться новыми специальными понятиями. В целом этот перечень весьма велик и насчитывает в настоящее время несколько сотен специальных инженерно-геологических терминов, которые изложены в учебниках, учебных пособиях, словарях и справочниках по инженерной геологии, научных монографиях, диссертациях и т.п. Вклад в этот перечень внесли сотни отечественных и зарубежных инженер-геологов – магистров, кандидатов и докторов наук, членов-корреспондентов академий и академиков.

В количественном смысле окончательный перечень специальных терминов инженерной геологии никогда не может быть составлен, он бесконечен и будет пополняться до тех пор, пока будет существовать и развиваться инженерная геология. Однако этот перечень меняется не только в количественном, но и в качественном смысле: отдельные понятия, термины, и даже базовые категории инженерной геологии со временем видоизменяются и уточняются. Тем не менее, можно констатировать, что к настоящему времени базовый перечень специальных категорий инженерной геологии уже сформирован. Да, он будет пополняться, уточняться, но основные категории инженерной геологии являются вполне устоявшимися, что позволяет нам констатировать наличие сформированного перечня компонентов системы собственных категорий инженерной геологии.

Тем не менее, обозначенный перечень, каким бы полным он не являлся, ещё не является системой категорий. Поэтому, в-третьих, определим закон композиции и выявим структуру системы собственных научных категорий инженерной геологии.

Как указывалось выше (гл. 1.1), система собственных научных категорий может быть построена на основе учета логического объема понятий и их содержания. Однако подходы к её наглядному выражению могут быть разными.

Так, например, её (систему) можно выразить: 1) в виде таблицы, каждый столбец которой объединяет крупные понятийные блоки, а также 2) в виде логической «пирамиды понятий», структура которой рассмотрена выше.

Если принять первый вариант построения системы категорий (в виде таблицы), то на наш взгляд такая система должна состоять из ряда крупных понятийно-терминологических блоков (столбцов), объединяющих в себе основные собственные (специфические) инженерно-геологические категории (инженерно-геологические термины, определения, понятия и т.п.).

Каждый такой блок имеет свое методологическое назначение и определенную методическую направленность в применении. Естественно, что в эту систему научных категорий инженерной геологии включаются лишь её собственные (или специфические) научные категории (инженерно-геологические термины, определения, показатели, параметры и т.п.), относящиеся лишь к инженерной геологии, и используемые этой наукой. Прочие научные категории (других геологических наук, точных наук, методологии наук и т.п.) в эту систему не входят, но они в той или иной мере используются в инженерной геологии, как и в других науках. Они, как отмечалось выше, составляют так называемые общие (не специфические) научные категории, которые здесь не рассматриваются.

Среди указанных блоков системы можно выделить следующие: 1) блок общих методологических категорий инженерной геологии, включая определения её структуры, предметов и объектов исследований, общей методологии науки; 2) блок специальной терминологии основных трех направлений инженерной геологии: грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии; 3) блок методических категорий. Общая схема предложенной системы собственных научных категорий инженерной геологии приведена в табл.2.1.

Поясним эту систему (см. табл .2.1). В ней первый блок общих методологических категорий инженерной геологии, включает определения самой науки – общей инженерной геологии, а также её предмета и объекта исследований. Этот же блок включает терминологию (определения), отражающую структуру инженерной геологии: её три основных направления и смежные научные направления. И, наконец, этот блок содержит номологические категории общей инженерной геологии, включающие её проблематику (научные проблемы, задачи) и номологическую терминологию (гипотезы, закономерности, законы, теории общей инженерной геологии).

Второй блок объединяет специальные категории трёх основных современных научных направлений инженерной геологии: грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии, образующих соответствующие подблоки в структуре категорий. В каждый из таких подблоков входят определения научных направлений, их предметов и объектов исследований, а также их проблематика, номологическая и специальная (понятийная) терминология. Номологическая и специальная терминология играют важнейшую роль в системе собственных научных категорий инженерной геологии.

Таблица 2.1

Система собственных научных категорий инженерной геологии

Категориальный базис инженерной геологии				
Общие методологические категории	Специальные категории научных направлений:			Методические категории
	грунтоведения	инженерной геодинамики	региональной инженерной геологии	
1. Определения общей инженерной геологии, ее структуры (основных направлений)	1. Определения грунтоведения и его структуры	1. Определения инженерной геодинамики и ее структуры	1. Определения региональной инженерной геологии и ее структуры	1. Определения методов инженерно-геологических исследований
2. Определения объектов и предметов исследований общей инженерной геологии	2. Определения объектов и предметов исследований грунтоведения	2. Определения объектов и предметов исследований инженерной геодинамики	2. Определения объектов и предметов исследований региональной инженерной геологии	2. Определения методов инженерно-геологических изысканий
3.Номологические категории общей инженерной геологии (проблематика и номологическая терминология)	3.Номологические категории грунтоведения (проблематика, номологическая и специальная терминология)	3.Номологические категории инженерной геодинамики (проблематика, номологическая и специальная терминология)	3.Номологические категории региональной инженерной геологии (проблематика, номологическая и специальная терминология)	3. Нормативно-методические категории

Третий блок системы объединяет методические категории общей инженерной геологии и её основных научных направлений. В него входят определения различных специфических (собственных) методов инженерно-геологических исследований, методов и методик инженерно-геологических изысканий, а также категории, отражающие нормативно-методическую инженерно-геологическую информацию.

Если же принять второй вариант построения системы собственных категорий инженерной геологии, то в соответствии с вышеизложенными представлениями о соотношении объема и содержания понятий, систему категорий современной инженерной геологии можно представить и в виде логической «пирамиды понятий» инженерной геологии, показанную на рис. 2.3.

В вершине этой «пирамиды понятий» находятся наиболее общие инженерно-геологические категории (А) – общие понятия об инженерной геологии, её структуре и методологии с наибольшим объемом и наименьшей детальностью (содержанием) по характеризующим их признакам. К таким понятиям, например, можно отнести такие важнейшие категории как: «инженерная геология», «структура инженерной геологии», «предмет науки», «объект науки», «проблематика науки» и т.п.

Рис.2.3. Общая схема логической «пирамиды понятий» инженерной геологии

В основании же «пирамиды понятий» находятся частные инженерно-геологические категории (понятия или частные термины) (В) – частные понятия наименьшего объема, но наиболее детальные по тем или иным признакам, т.е. наибольшего содержания. К таким категориям, например, можно отнести понятия о различных инженерно-геологических показателях и частных параметрах (например, «относительная просадочность» и т.п.) и т.д.

Между вершиной и основанием логической «пирамиды понятий» можно выделить несколько промежуточных уровней инженерно-геологических категорий, отличающихся между собой по объему и содержанию, т.е. по степени их обобщения. Это обобщенные инженерно-геологические понятия (Б). Однако критерии такого обобщения трудно строго определить, но ясно, что понятия более низкого уровня находятся в подчинении к таковым более высокого уровня. В пределах одного уровня (по горизонтальному ряду пирамиды) находятся лишь логически соподчиненные понятия, а также логически равнозначные и скрещивающиеся понятия одинакового объема.

Однако данная логическая схема, представленная на рис. 2.3 слишком общая и поэтому она может использоваться лишь как основа для построения более детальной логической «пирамиды понятий» инженерной геологии как системы категорий. Такая детальная логическая пирамида может служить основной базой и обобщенной характеристикой для построения общей системы собственных научных категорий инженерной геологии. Вариант этой пирамиды понятий показан на рис. 2.4.

В вершине этой пирамиды находятся наиболее общие категории инженерной геологии – понятия

об этой науке (А), а также о её предмете и объекте исследований, её структуре ($А_1$), и наряду с этим – понятийные категории общей методологии инженерной геологии ($А_2$).

Затем, ниже пирамида понятий разделяется на четыре расширяющиеся вниз (т.е. увеличивающиеся по содержанию) крупные секции инженерно-геологических категорий: I – грунтоведческие категории; II – инженерно-геодинамические категории; III – регионально-инженерно-геологические категории и IV – методологические и методические категории. Таким образом, вертикальные секции пирамиды (I-IV) объединяют близкие группы категорий одного и того же направления инженерной геологии. Горизонтальные уровни пирамиды характеризуют различные категории (понятия) одинакового объема и содержания; при этом более низкий уровень характеризует понятия меньшего объема, но большего содержания. Каждая клетка пирамиды ($Б_1$, $В_3$, $Г_2$, $Д_4$ и т.п.) содержит не одну, а определенное множество близких категорий (понятий) одинакового объема. Важно также подчеркнуть, что секция IV в направлении $Б_4 \rightarrow В_4 \rightarrow Г_4 \rightarrow Д_4$ отражает понятийно-терминологическую базу методологии и методики каждого соответствующего уровня категорий грунтоведения (I), инженерной геодинамики (II) и региональной инженерной геологии (III).

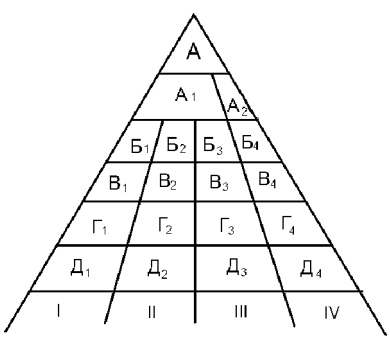


Рис. 2.4. Логическая «пирамида понятий» инженерной геологии как основа системы её собственных научных категорий: А – понятия об инженерной геологии, её структуре ($А_1$) и методологии ($А_2$); $Б_1$, $Б_2$, $Б_3$, $Б_4$ – соответственно, понятия о грунтоведении, инженерной геодинамике, региональной инженерной геологии и их методиках; $В_1$, $В_2$, $В_3$, $В_4$ – соответственно, понятия о грунтах (грунтовых толщах) и их систематике ($В_1$), геодинамических процессах и их систематике ($В_2$), инженерно-геологических условиях и их систематике ($В_3$) и о методиках их изучения ($В_4$); $Г_1$, $Г_2$, $Г_3$, $Г_4$ – соответственно, понятия о факторах формирования свойств грунтов (грунтовых толщ), геодинамических процессов, инженерно-геологических условий и о методах их изучения; $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$, $Д_4$ – соответственно, понятия о параметрах (показателях) грунтов, геодинамических процессов, инженерно-геологических процессов и о методах их изучения; I, II, III, IV – соответственно, секции категорий грунтоведения, инженерной геодинамики, региональной инженерной геологии, а также методологии и методики инженерно-геологических исследований

В этой схеме (см. рис.2.4) за индексами уровней объема (А, Б, В, Г, Д) в секциях I-IV подразумевается множество соответствующих инженерно-геологических понятий, того или иного содержания.

Как видно (см. рис. 2.4), данная логическая «пирамида понятий» инженерной геологии также слишком условна и не конкретна. Но на её основе могут создаваться аналогичные логические «пирамиды понятий» в пределах каждой из выделенных секций I-IV. Ниже (см. разделы 2.3 – 2.7) мы приводим более подробную характеристику подсистем понятийно-терминологической базы, построенную на этой основе для трёх научных направлений инженерной геологии, которые в совокупности составляют её структуру.

Исходя из вышеизложенного, законом композиции системы специальных категорий инженерной геологии можно считать логическую связь объема и содержания понятий.

И, наконец, в-четвертых, для завершения построения системы категорий понятий необходимо определить эмерджентные свойства этой системы. Напомним, что эмерджентность – это свойство системы как целого, не сводимое к простой совокупности (сумме) свойств её отдельных частей. Применительно к системе собственных научных категорий инженерной геологии выявление такого свойства – не простая задача.

На наш взгляд таким свойством можно считать способность с помощью этой системы категорий решать наиболее сложные и общие проблемы инженерной геологии. Лишь вся совокупность специальных категорий инженерной геологии позволяет нам делать это, тогда как применение специальных категорий по частям (в ограниченном количестве, выборочно и т.п.) не дает нам такой возможности.

Таким образом, нами обоснованы и решены все четыре выше обозначенные задачи при исследовании собственных научных категорий инженерной геологии как единой системы, что позволяет их рассматривать именно как систему в целом. Теперь, исходя из выше изложенного, дадим более подробную характеристику основных научных категорий инженерной геологии и подсистем категорий её трех научных направлений.

2.3. Общие категории современной инженерной геологии и её структуры

2.3.1. Определение, объект и предмет исследования инженерной геологии

Любая наука, согласно современной методологии наук, кроме четкого её определения, которое должно отражать главные, специфические черты науки, характеризуется объектом и предметом исследования, а также определенной внутренней структурой, отражающей её главные научные направления. В этом смысле инженерная геология, как наука геологического цикла, не является исключением: она имеет свое определение, объект и предмет исследования, и сложившуюся структуру. В схеме категорий на рис. 2.4 они соответствуют множеству понятий «А». Охарактеризуем их подробно.

Современные определение, объект и предмет исследования, а также структура инженерной геологии постепенно, начиная с 20-х годов прошлого века, сформировались к 1970-1980-м гг. на базе запросов практики инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельности человека, т.е. оформились почти за первые пол века существования инженерной геологии. Учитывая это, по сравнению с другими геологическими науками, инженерная геология является относительно молодой, но бурно развивающейся наукой.

За первые 50 лет становления инженерной геологии её определение или дефиниция (как науки геологического цикла) приводились многими учеными, в том числе Ф.П.Саваренским (1937, 1946), И.В.Поповым (1949, 1951), В.Д.Ломтадзе (1970), Е.М.Сергеевым (1978), Г.К.Бондариком (1989) и др. Определение или дефиниция науки – это раскрытие её логического содержания, установление ее предмета и объекта исследований с помощью терминов уже известных и осмысленных.

Одно из первых определений инженерной геологии дал в 1937 г. Ф.П.Саваренский: «Отрасль геологии, трактующая вопросы приложения геологии к строительному делу». Позже Ф.П.Саваренский (1946), а вслед за ним В.Д.Ломтадзе (1970), Л.Д.Белый, Н.Н.Маслов и др., считал инженерную геологию наукой о геологических условиях строительства сооружений и хозяйственного использования территорий.

Так И.В.Попов (1951) писал: «Инженерная геология как наука является отраслью геологии, изучающей динамику верхних горизонтов земной коры в связи с инженерной деятельностью человека». Как видим, в этом определении речь идет лишь о динамике верхних горизонтов земной коры и отсутствуют изучение её морфологии (что изучается в грунтоведении) и региональных особенностей (изучаемых региональной инженерной геологией).

В.Д.Ломтадзе (1970) считал, что инженерная геология «есть наука о геологических условиях строительства различных сооружений и хозяйственного использования территорий». Такое определение инженерной геологии явно сужало область данной науки, превращало её в прикладную отрасль строительства. Одновременно В.Д.Ломтадзе (1970) также считал, что инженерная геология включает в себя следующие основные разделы: 1) инженерную петрологию (такой термин он предлагал вместо «грунтоведения»), 2) инженерную геодинамику, 3) специальную инженерную геологию и 4) региональную инженерную геологию. При этом в «специальной инженерной геологии» изучались условия строительства различных сооружений, т.е. как бы объединялись задачи, решаемые грунтоведением, инженерной геодинамикой и региональной инженерной геологией.

Согласно иным представлениям «инженерная геология – геологическая наука, изучающая связи строительной и хозяйственной деятельности человека с геологическими условиями» (Терминологический..., 1973).

Современные представления об инженерной геологии во многом сформировались в 1970-е гг. под влиянием работ академика Е.М.Сергеева. Е.М.Сергеев (1978) определял инженерную геологию достаточно широко, как «науку, изучающую земную кору как среду жизни и деятельности человека». При этом объектом её изучения он считал современное состояние и динамику изменения поверхностной части земной коры в связи с инженерной деятельностью человека. В 1983 г. Е.М.Сергеев определял инженерную геологию как «науку о геологической среде, её рациональном использовании и охране» (Грунтоведение, 1982, с. 7). В таком определении инженерной геологии (верном по-сути) использовался специальный не раскрытый термин – «геологическая среда», что является нарушением логических правил дефиниции (см. выше). Под геологической средой Е.М.Сергеев понимал «верхнюю часть литосферы, которая рассматривается как многокомпонентная динамичная система, находящаяся под воздействием инженерной деятельности человека, и которая, в свою очередь, в известной степени определяет эту деятельность» (Грунтоведение, 1983, с.6-7).

В структуре инженерной геологии Е.М.Сергеев (1978) выделял три «инженерно-геологические дисциплины»: грунтоведение, инженерную геодинамику и региональную инженерную геологию.

Обстоятельный анализ определения, содержания и структуры современной инженерной геологии был дан В.Т.Трофимовым в 1996 г., который показал, что к тому времени единого, принимаемого хотя бы простым большинством исследователей, содержания понятия «инженерная геология» не было выработано (Трофимов, 1996). При этом в ряде предложений содержание этого понятия неоправданно сужалось (Ломтадзе, 1970; Бондарик, 1989 и др.), либо чрезмерно расширялось (Розовский, 1971; Сергеев, 1971, 1974, 1978; Бондарик, 1981 и др.). Не было единства мнений и по вопросу выделения объекта и предмета исследований инженерной геологии: у разных авто-

ров эти понятия часто путались, меняясь местами, либо понятие «предмета» вообще отсутствовало.

Согласно Г.К.Бондарику «инженерная геология – наука о структурах, свойствах и процессах движения литосферы, используемых при оптимизации литотехнических систем разных уровней на различных этапах их существования» (Бондарик, Ярг, 2015).

Отсюда следуют некоторые общие собственные (специальные) понятия инженерной геологии. Приведем их анализ.

Литотехническая система (ЛТС) – «природно-техническая система, элементом которой является некоторая область литосферы и функционирование которой определяют процессы взаимодействия искусственных элементов с литосферой» (Бондарик, Ярг, 2015).

Данное понятие – ЛТС введено Г.К.Бондариком в 1990 г.

ЛТС – целостное естественно-искусственное образование, представленное взаимодействующими техническими объектами и геологическими телами или массивами (Аверкина, 1997).

ЛТС – это «часть или подсистема природно-технической системы, включающая подсистему сооружений (объектов техносферы) и взаимодействующую с ней литосферу» (Базовые понятия..., 2012, с. 119).

ЛТС включает подсистему сооружений (С) и подсистему «область взаимодействия литосферы» (ОВЛ). Выделяют элементарные, локальные и региональные ЛТС (Бондарик, Ярг, 2015).

Природно-техническая система (ПТС) – упорядоченная в пространственно-временном отношении совокупность взаимодействующих компонентов, включающая орудия, продукты и средства труда, естественные и искусственно измененные тела, а также естественные и искусственные поля (Бондарик, Ярг, 2015).

Кроме того, Г.К.Бондарик дает такое определение ПТС – «целостная упорядоченная в пространственно-временном отношении совокупность взаимодействующих естественных и искусственных компонентов, представленных веществом и полями, которая обладает эмерджентными (системообразующими) свойствами» (Бондарик, Ярг, 2015).

Часто ПТС определяется короче, как совокупность взаимодействующих компонентов техносферы (искусственных объектов) и окружающей природной среды.

Поле геологического параметра – «фиксированная (замкнутая границей геологического тела) область литосферного пространства с поставленной ей в соответствие функцией геологического параметра (набора параметров, $R(P_{\xi}, t)$, где P_{ξ} – какая угодно точка пространства литосферы, t – время» (Бондарик, Ярг, 2015).

Инженерно-геологическое тело – некоторый объем геологической среды, конфигурацию и размеры которого устанавливают в соответствии с критериями, определяемыми ее свойствами, а также требованиями расчетов, проводимых при проектировании сооружений (Бондарик, 1981).

Инженеро-геологическая система (ИГС) – любой объект инженерной геологии, обладающий эмерджентными (системообразующими) свойствами. Примерами ИГС могут служить ЛТС, ПТС, грунт, массив и т.п.

Согласно В.Т.Трофимову (1996) инженерная геология определяется как «наука геологического цикла, исследующая инженерно-геологические условия верхних горизонтов земной коры (литосферы), закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов, формирующихся в ходе развития земной коры под влиянием совокупности всех природных факторов и в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человечества».

В этом, несколько пространном, но логически полном определении инженерной геологии отражаются все три типа основных задач, решаемых инженерной геологией (морфологические — инженерно-геологические условия верхней части земной коры, ретроспективные — закономерности формирования инженерно-геологических условий, прогнозные — пространственно-временное изменение инженерно-геологических условий под влиянием геологических процессов). Это определение следует считать наиболее полным и логически обоснованным определением современной инженерной геологии.

С другой стороны и определение инженерной геологии И.В.Попова (1951), и определение В.Т.Трофимова (1996) образует дефиницию, используя не раскрытый специальный термин – «инженерно-геологические условия», который может быть не понятен даже геологу. А это является нарушением логических правил формулирования определений (см. выше гл.1.1).

Учитывая это, можно предложить иное более простое определение инженерной геологии: инженерная геология – наука геологического цикла, изучающая морфологию, динамику и региональные особенности верхних горизонтов земной коры (литосферы) и их взаимодействие с инженерными сооружениями (элементами техносферы) в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человека.

Объект исследования какой-либо науки отражает объективные (материально существующие) компоненты материи, подлежащие всестороннему изучению в рамках данной науки. Согласно Ю.А.Косыгину и др. (1973) объектом естественной науки являются «реальные материальные тела, процессы или явления, изучаемые данной наукой, из которых она черпает свой собственный, не заимствованный из других наук, эмпирический материал»[1]. С нашей точки зрения в этом определении его окончание должно быть заменено на фразу «эмпирический и теоретический материал» иначе получается, что все естественные

[1] Геологические тела, 1986, с. 7

науки являются лишь «поставщиками» сугубо эмпирических данных. На самом деле это конечно не так.

В соответствии с этим, объектом исследования инженерной геологии являются верхние горизонты земной коры (часто называемые геологической средой), исследуемые в специальном инженерно-геологическом отношении (Трофимов, 1996).

Близкое определение объекта дается Г.К.Бондариком: «объектом инженерной геологии следует считать геологическую среду, её структуры, свойства и процессы её движения, отбираемые и учитываемые при инженерно-геологической оценке» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 20).

Объект инженерной геологии характеризуется разными элементами (сторонами), главными их которых являются грунты (определение см. ниже), сформированные ими относительно простые или сложные геологические тела, которые в свою очередь образуют грунтовые толщи (массивы, а точнее, — инженерно-геологические структуры разного размера), в пределах и под влиянием которых развиваются различные геологические природные и антропогенные процессы, протекающие в них и их изменяющие (Трофимов, 1996).

Земная кора и литосфера являются объектом изучения геологии в целом и многих отдельных геологических наук[1]. Однако ни одна из них не изучает этот объект в специальном инженерно-геологическом отношении, что и позволяет говорить о самостоятельном, специфическом объекте исследования инженерной геологии.

Наряду с объектом исследования любая наука характеризуется своим специфическим предметом исследования. Под ним понимается «понятийная модель объекта, создаваемая в связи с конкретной целью исследования» (Шарапов, 1977). Таким образом, предмет исследования науки не материален, а является идеальным отражением объекта в сознании исследователя. Одному и тому же объекту может соответствовать несколько предметов исследований.

У разных наук объект исследования может быть одинаковым, но предметы изучения – различными. Так, например, обстоит дело и во многих геологических науках, для которых объектом изучения являются верхние горизонты земной коры, но предметы изучения разных геологических наук и получаемые при этом знания существенно различны: у динамической геологии это – динамика земной коры (литосферы); у структурной геологии – её структура; у геохимии – её химизм; у геологии полезных ископаемых – особенности размещения в ней месторождений; у гидрогеологии – её подземные воды и т.д. Общность объекта как раз и позволяет все эти науки рассматривать как науки геологического цикла.

Таким образом, в инженерной геологии аспект[2] предмета исследования свой, специфический, составляющий суть этой науки.

Предмет исследования инженерной геологии в историческом плане также претерпел определенные изменения. Так, например, в 1930-е годы точка зрения на предмет инженерной геологии существенно отличалась от современной и по-сути, сводилась к предмету исследования нынешней инженерной геодинамики. Так, например, Г.Н.Каменский (1936) считал, что предметом инженерной геологии является изучение инженерно-геологических процессов или явлений, возникающих под влиянием инженерной деятельности человека. Позже, во многом благодаря идеям и работам М.М.Филатова (1940) и Е.М.Сергеева (1946, 1953) и в связи с оформлением инженерной геологии в виде трех научных направлений (грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии), эта точка зрения изменилась, и в 1940-1950-е годы предмет изучения инженерной геологии расширился до знаний о грунтах зоны гипергенеза, а позднее и до знаний о верхних горизонтах земной коры в целом, в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Согласно Г.К.Бондарику «предмет инженерной геологии – это информация о структурах, свойствах и движении литосистемы, определяющая изменение её состояний при взаимодействии с внешними оболочками (экзогенные геологические процессы), в том числе и с техносферой» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 21). При этом саму информацию он определяет как продукт практической инженерно-геологической деятельности, представляющий систему.

В соответствии с вышеприведенным определением инженерной геологии её предметом изучения являются знания о морфологии, динамике и региональных особенностях верхних горизонтов земной коры (литосферы) и их взаимодействии с инженерными сооружениями (элементами техносферы) в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

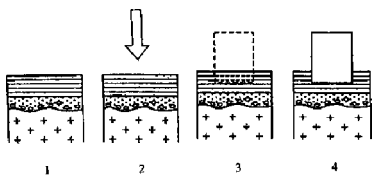


Рис. 2.5. Типы систем, исследуемых инженерной геологией: 1 – реальная природная литосистема; 2 – идеальная природная литосистема; 3 – идеальная природно-техническая литосистема; 4 – реальная природно-техническая литосистема. Стрелкой показаны внешние природные воздействия на систему (Трофимов, Аверкина, 2007)

Из такой формулировки предмета изучения инженерной геологии вытекает, что она исследует различные типы систем, выделенные В.Т.Трофимовым и Т.И.Аверкиной (2007) и показанные на рис. 2.5, а именно: 1) реальные природные геологические системы (природные литосистемы) – при решении ретроспективных и морфологических задач; 2) идеальные природные литосистемы – при решении ретроспективных и прогнозных задач; 3) идеальные природно-технические литосистемы – при решении прогнозных задач; 4) реальные природно-технические литосистемы – при решении морфологических и прогнозных задач.

[1] См., например, Геологические тела, 1986, с. 8-10.

[2] Аспект – угол зрения, под которым рассматривается объект или предмет исследования (Добреньков, Осипова, 2009).

2.3.2. Структура инженерной геологии

Структура инженерной геологии, как и любой другой науки, предполагает её характеристику в двух аспектах: логическом (логическая структура) и по отношению её научных направлений (подсистем).

Согласно Г.К.Бондарику «инженерная геология – логическая система научных знаний, потому что ее компоненты представляют собой логические конструкции» (Бондарик, Ярг, 2015).

Логическая структура современной инженерной геологии по нашему мнению состоит из следующих взаимосвязанных компонентов: 1) понятийно-терминологической базы (определения инженерной геологии, её объекта, предмета исследований, собственной понятийно-категориальной базы – собственных терминов); 2) проблематики инженерной геологии (перечня открытых проблем, стоящих перед инженерной геологией и решаемых задач); 3) методов познания (методов решения проблем) – способов извлечения инженерно-геологической информации, как общенаучных (эмпирических и теоретических), так и специальных (собственных); 4) номологической базы инженерной геологии (собственных гипотез, идей, закономерностей, законов и теорий инженерной геологии в целом и каждого научного направления инженерной геологии в отдельности). Все эти компоненты находятся в состоянии логического пересечения и взаимодействия друг с другом, образуя единую систему.

В соответствии с этой логической структурой понятийно-терминологическая база инженерной геологии рассматривается нами в данной главе 2 настоящей монографии; проблематика инженерной геологии – в главе 3; методы познания – в главе 4; номологическая база – в главах 5-9.

Все вместе эти логически связанные компоненты, а также исторический анализ развития инженерной геологии (приведенный в главе 1) в гносеологическом смысле и составляют суть методологии рассматриваемой науки.

Структура современной инженерной геологии по отношению её научных направлений сложилась исторически (см. гл.1) и рассматривается как состоящая из подсистем.

Из вышеприведенного определения инженерной геологии вытекают три основных научных направления этой науки: грунтоведение (морфология грунтов и грунтовых толщ, составляющих

верхние горизонты литосферы), инженерная геодинамика (динамика верхних горизонтов литосферы) и региональная инженерная геология (региональные особенности верхних горизонтов литосферы) (рис. 2.6). Каждое из этих научных направлений представляет собой определенную систему научных инженерно-геологических понятий и знаний, характеризующихся своим предметом и объектом исследования.

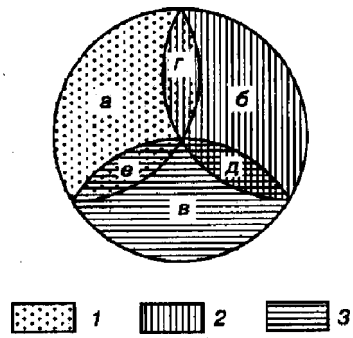


Рис. 2.6. Структура современной инженерной геологии и её основные научные направления: 1 – грунтоведение; 2 – инженерная геодинамика; 3 – региональная инженерная геология; а – общее грунтоведение; б – общая инженерная геодинамика; в – общая региональная инженерная геология; г – геодинамическое грунтоведение; д – региональная инженерная геодинамика; е – региональное грунтоведение

В категориальный базис науки входит также понятие о принципах ее теорий, учений и науки в целом. Можно ли сформулировать основной принцип инженерной геологии? Напомним, что под принципом в методологии наук понимается основное, исходное положение какой либо теории, учения, науки. В отношении инженерной геологии можно сказать, что основным принципом инженерной геологии является положение о зависимости инженерно-геологических условий от совокупности природных (региональных и зональных) и техногенных факторов.

Далее приведем определения, а также характеристику объектов и предметов исследований трёх основных направлений инженерной геологии.

Грунтоведение – первое научное направление инженерной геологии. В 1971 г. Е.М.Сергеев определял его кратко – как «науку о грунтах». Но в этом случае использовался специальный не раскрытый термин – «грунт» и вследствие этого после первого определения приходилось давать второе. Поэтому в терминологическом словаре по инженерной геологии грунтоведение определялось как «геологическая дисциплина, изучающая состав, строение, состояние и свойства горных пород, влияющих на взаимодействие пород с инженерными сооружениями, а также методы улучшения пород для строительных целей» (Терминологический..., 1973).

Е.М.Сергеев в 1983 г. уже так определял грунтоведение – «наука, изучающая любые горные породы, почвы и техногенные образования как многокомпонентные, динамичные образования в связи с инженерной деятельностью человека» (Грунтоведение, 1983, с.10).

Позже это определение видоизменялось и уточнялось В.Т.Трофимовым. Так, в 2005 г. оно приводится в следующем виде: грунтоведение – «первое научное направление инженерной геологии, исследующее

состав, состояние, строение и свойства грунтов и сложенных ими грунтовых толщ (тел или массивов), закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов, формирующихся в ходе развития земной коры под влиянием совокупности всех природных факторов и в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной деятельностью человечества» (Грунтоведение, 2005).

Строго говоря, это определение также использует не раскрытые термины «грунт», «грунтовая толща» и поэтому не является логически обоснованным. Кроме того, согласно этой формулировке получается, что закономерности формирования грунтов и их пространственно-временного изменения изучаются лишь под воздействием геологических процессов, т.е. только природных, формирующихся в ходе развития земной коры под влиянием совокупности всех природных факторов, а техногенные факторы остаются в стороне, хотя это на самом деле не так. Концовка предложения «и в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной деятельностью» относится к факторам их формирования.

В этой связи можно предложить такое новое определение грунтоведения: грунтоведение – это научное направление инженерной геологии, исследующее состав, состояние, строение и свойства горных пород, почв, осадков, антропогенных геологических образований и их массивов (грунтовых толщ), закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием природных и техногенных факторов в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Объектом изучения грунтоведения являются любые горные породы, почвы, осадки, искусственные геологические образования, рассматриваемые как грунты, и слагаемые ими грунтовые толщи (массивы) верхней части разреза земной коры. В этой связи при характеристике объекта грунтоведения необходимо все же дать понятие термина «грунт».

История этого термина была длительная и не проста. Этот термин уже использовал М.В.Ломоносов в своём труде «О слоях земных». Относительно термина «грунт» в отечественной литературе можно найти обширную научную дискуссию. Определение этого термина давал и В.В.Докучаев (автор естественно-исторического определения «грунта»), и В.И.Курдюмов (1889), и многие другие ученые, в том числе один из основателей отечественного грунтоведения М.М.Филатов, а также Ф.П.Саваренский, И.В.Попов и др.

Обстоятельно история термина «грунт» была проанализирована Е.М.Сергеевым впервые в 1953 г. (Сергеев, 1953), а затем позже в разных изданиях учебника «Грунтоведение» (Грунтоведение, 1971, 1983, 2005).

Изначально под этим термином понимали лишь рыхлые и обломочные породы – гравий, щебень, песок, супесь, суглинок, глину и т.п., придавая этому термину, таким образом, гранулометрический смысл. При этом, так называемые «скальные породы» – известняки, мрамор, граниты, базальты, гнейсы, сланцы и т.п., грунтами не назывались. Так В.В.Докучаев под грунтом понимал определенное естественно-историческое тело – рыхлую горную породу, залегающую под почвами. Вслед за ним и многие грунтоведы, вышедшие из школы почвоведения, также под грунтом понимали лишь рыхлые подпочвенные породы (Земятченский, 1933; Полынов, 1934; Охотин, 2008 и др.).

Например, даже В.В.Охотин в 1953 г. писал: «под грунтом нужно разуметь совокупность обломочных рыхлых горных пород современной коры выветривания, которые залегают под почвами и в которых основными процессами являются процессы экзотермические» (Охотин, 2008).

Позже этому термину стали придавать прагматический характер, называя грунтом любые горные породы, как скальные, так и дисперсные, залегающие в основаниях инженерных сооружений. Одним из первых эту позицию отстаивал М.М.Филатов, который в 1936 г. писал: «Грунтами следует называть поверхностные горизонты горных пород, частью превращенные в почвы, частью являющиеся подпочвенными слоями горных пород, расположенными в зоне выветривания литосферы» (Филатов, 1936). Однако с этим не все были согласны. Так, например, В.Д.Ломтадзе долго сопротивлялся введению в научный оборот этого термина, предпочитая ему «горную породу».

Большой вклад в определение термина «грунт» внес Е.М.Сергеев, который под грунтом понимал любые горные породы и почвы, рассматриваемые как многокомпонентные, не застывшие, а динамичные системы, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. При этом следует особо подчеркнуть, что, в отличие от литологии и петрографии, также изучающих горные породы, в грунтоведении горные породы изучаются как многокомпонентные системы, характеризующиеся естественным соотношением в них твердой (минеральной), жидкой, газообразной и биотической компонент. Это соотношение в грунте не постоянно, оно динамично, оно может меняться и в течение сугок, и в течение месяцев (сезонов года), и в течение ряда лет.

Объем понятия «грунт» также многими понимался не однозначно: многие необоснованно сужали объем этого понятия лишь до понятия «горная порода», не включая в него почвы, осадки, техногенные геологические образования. Так, например, в терминологическом словаре по инженерной геологии объем понятия сужен, и грунты определяются как «породы верхней части земной коры, рассматриваемые в связи со строительством инженерных сооружений» (Терминологический..., 1973).

Наряду с этим, в ГОСТе 25100-95 определение этого термина также было приведено в старом объеме: «грунт – горные породы, почвы, техногенные

образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему, являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека» (ГОСТ..., 1997). В этом определении содержатся логические ошибки и в объеме (не включены осадки, из которых затем формируется порода; тем не менее, они являются объектом инженерно-хозяйственной деятельности), и в содержании понятия («техногенные образования» могут быть разными, в том числе не геологическими; не ясно, что такое «многообразная геологическая система» и т.д.).

В обновленном ГОСТе 25100-2011 определение этого термина дано более удачно: «грунт – любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека».

Согласно В.Т.Трофимову (2000) более правильно под грунтами следует понимать «любые горные породы, почвы, осадки и антропогенные геологические образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы, исследуемые в связи с планируемой, осуществляемой или осуществленной инженерной деятельностью человека». В этой же формулировке это определение вошло в последнее издание учебника «Грунтоведение» (2005). Ниже приводится несколько отредактированное нами определение этого термина.

Грунтом называются любые горные породы, почвы, осадки и антропогенные геологические образования, рассматриваемые как многокомпонентные, динамичные системы, формирующиеся под влиянием всей совокупности природных и техногенных факторов и изучаемые в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Термин «грунт» оказался чрезвычайно полезен и удобен для инженерной геологии по целому ряду причин. Во-первых, это собственный термин инженерной геологии (и грунтоведения), который не применяется в других науках геологического цикла. Во-вторых, именно этот термин подчеркивает тот факт, что любая горная порода как грунт рассматривается в грунтоведении в её естественном состоянии в виде сложной, многокомпонентной и целостной системы, состоящей не только из парагенеза определенных минералов (как рассматривается в петрографии или литологии), но и из других компонентов: твердых (льда, газогидратов и т.п.), жидких, газообразных, а также биотических составляющих. В-третьих, под грунтом понимают не только любые горные породы, но также и почвы, осадки, а также искусственные геологические образования (например, техногенные насыпные и намывные грунты, грунты культурного слоя, грунты отвалов, хвостохранилищ и накопителей, искусственно преобразованные горные породы (закрепленные, загрязненные, очищенные и т.п.). Последняя группа грунтов не изучается в связи с инженерно-хозяйственным освоением территорий ни какой иной наукой, кроме грунтоведения (Хазанов,1975).Таким образом, логический объем понятия термина «грунт» гораздо шире, чем понятия «горная порода», о чем многие, к сожалению, забывают.

Предметом же исследования грунтоведения являются знания о грунтах, их составе, состоянии, строении и свойствах, закономерностях их формирования и пространственно-временного изменения.

Структура современного грунтоведения также оформилась не сразу. Так, например, в 1952-1959 гг. Е.М.Сергеев подразделял грунтоведение на 4 раздела: 1) общее грунтоведение; 2) региональное грунтоведение; 3) техническую мелиорацию грунтов; 4) механику грунтов (Сергеев, 1952; 1953). В 1949 г. В.А.Приклонский подразделял грунтоведение на общее (генетическое и региональное) и специальное, а в 1955 г. добавил еще раздел «мелиорация грунтов». Ф.В. Котлов в 1971 г. подразделял грунтоведение на общее, генетическое, региональное, мелиоративное и историю грунтоведения.

В настоящее время (Грунтоведение, 2005) в структуре грунтоведения выделяются разделы, показанные на рис. 2.6. Приведем определения трех разделов грунтоведения, а также объектов и предметов их исследований.

Общее грунтоведение – научный раздел грунтоведения, исследующий общие особенности состава, состояния, строения и свойств грунтов и их ассоциаций, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием природных и антропогенных современных и прогнозируемых геологических процессов (Грунтоведение, 2005).

Объектом общего грунтоведения, как и в остальных разделах грунтоведения, являются грунты верхних горизонтов литосферы.

Предметом его изучения являются (как это следует из вышеприведенного определения) наиболее общие особенности состава, строения, состояния и свойств грунтов и их ассоциаций, общие закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием природных и антропогенных современных и прогнозируемых геологических процессов. В этой дефиниции подчеркнутое слово «общие» указывает на то, что в данном разделе на основе обобщений и синтеза частных закономерностей должны выявляться самые широкие научные закономерности, по-сути являющиеся законами грунтоведения (см. ниже, гл.4).

Геодинамическое грунтоведение – научный раздел грунтоведения, исследующий закономерности пространственно-временного изменения состава, строения, состояния и свойств грунтов под влиянием природных и антропогенных современных и прогнозируемых геологических процессов.

Объектом геодинамического грунтоведения также являются грунты верхних горизонтов литосферы.

Предметом же его исследований является изучение динамики изменения состава, строения, состояния и свойств грунтов под влиянием природных

и антропогенных современных и прогнозируемых геологических процессов. При этом динамика грунтов изучается не в геологическом, а в физическом времени. Отметим также, что изучение динамики грунтов подразумевает в самом широком смысле исследование в физическом времени изменения всех главных особенностей грунтов: динамику их состава, строения, состояния и свойств, а не только изучение «динамических свойств» грунтов, под которыми чаще всего подразумевают поведение грунтов при динамических нагрузках (динамическую неустойчивость грунтов) (Грунтоведение, 2005, с.531).

В этой связи необходимо отметить, что геодинамическое грунтоведение – один из самых слабо разработанных научных разделов грунтоведения. Мы по-прежнему мало что-либо знаем о динамике вариаций химико-минерального и компонентного состава грунтов по сезонам года и в более длительной перспективе. Мало что известно о динамике строения грунтов, хотя никто не отрицает, что оно не постоянно в физическом времени и в разных условиях может быть либо консервативным, либо весьма динамично меняться даже в течение суток. Эти особенности обусловливают и динамику изменения состояния грунтов во времени, которая также слабо изучена. И, наконец, все это, безусловно, определяет сложную динамику изменения всех основных свойств грунтов во времени: химических, физических, физико-химических, физико-механических и биотических особенностей. Закономерности их динамики изучены крайне не равномерно и явно не достаточно. Кардинальное решение этих вопросов может дать постановка специализированных систем мониторинга грунтов, которые пока также слабо разрабатываются и медленно внедряются. Более подробно постановка указанных проблем и проблематика геодинамического грунтоведения в целом рассматриваются ниже (см. гл.2).

Региональное грунтоведение – научный раздел грунтоведения, исследующий особенности пространственного распределения грунтов (как элемента инженерно-геологических структур), пространственно-временные закономерности формирования их состава, состояния и свойств и изменение под воздействием современных и прогнозируемых природных и антропогенных процессов (Трофимов, 1997; Грунтоведение, 2005).

Объектом регионального грунтоведения также являются грунты верхних горизонтов литосферы.

Предметом его исследований, как вытекает из вышеприведенного определения, является выявление закономерностей пространственного распределения грунтов (как элемента инженерно-геологических структур), а также пространственно-временных закономерностей формирования их состава, строения, состояния и свойств и их изменения под воздействием современных и прогнозируемых природных и антропогенных процессов.

При решении части этих задач анализируются историко-геологические вопросы, генетико-возрастные по существу. В этом отношении генетическое грунтоведение, выделявшееся рядом исследователей, входит в значительной степени в региональное грунтоведение, которое по содержанию является генетико-региональным (Грунтоведение, 2005; Трофимов, Аверкина, 2007).

В региональном грунтоведении объекты чаще всего рассматриваются в геологическом пространстве, а круг решаемых задач очень широк – морфологические, ретроспективные и прогнозные. Именно региональное грунтоведение призвано характеризовать вещественный состав, состояние и свойства пород, слагающих различные инженерно-геологические структуры (Трофимов, Аверкина, 2007).

Инженерная геодинамика. Вторым научным направлением инженерной геологии является инженерная геодинамика, и это признается большинством ученых. Однако относительно её определения, а также дефиниции объекта и предмета её изучения нет единства мнений. Так, например, Г.К.Бондарик и др. в учебнике «Инженерная геодинамика» (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007) под инженерной геодинамикой понимают «научное направление инженерной геологии, изучающее приповерхностные природные и природно-технические системы и процессы, определяющие их движение в физическом времени, – экзогенные геологические процессы». С таким определением на наш взгляд нельзя согласиться по целому ряду причин. Во-первых, под это определение подпадают все «приповерхностные природные системы», которые никогда не являлись предметом или объектом изучения инженерной геологии, например, климатические системы, фитоценозы, зооценозы, поверхностные водоёмы и т.п. С другой стороны грунты или грунтовые толщи также подпадают под понятие «приповерхностные природные системы». Однако они изучаются не в инженерной геодинамике, а в грунтоведении. Во-вторых, среди изучаемых инженерной геодинамикой процессов выделяются лишь экзогенные геологические процессы, что сводит по-сути инженерную геодинамику к экзогеодинамике. Собственно авторы этого и не скрывают, т.к. на стр. 5 Введения к этому учебнику в первом же предложении приравнивают инженерную геодинамику к экзогеодинамике.

С другой стороны, авторы этого определения инженерной геодинамики противоречат сами себе, т.к. на стр. 10 этого же учебника пишут, что «инженерная геодинамика рассматривает преимущественно отдельные экзогенные геологические процессы, а также проявление эндогенных геологических процессов на поверхности Земли и вблизи неё». Отсюда следует, что инженерную геодинамику нельзя сводить лишь к экзогеодинамике. Действительно, можно привести массу примеров того, как сильно различные эндогенные геологические процессы (землетрясения, вулканизм и др.) влияют на инженерно-геологические условия определенных территорий.

Есть в этом учебнике и другое противоречие вышеприведенного определения инженерной геодинамики: на стр.5 авторы пишут: «Под инженер-

ной геодинамикой понимают научное направление, изучающее приповерхностные, взаимодействующие с внешними геооболочками, литосистемы и литотехнические системы различных уровней, а также процессы их функционирования в физическом времени (экзогенные геологические процессы)» (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007). Как видим, в этом определении, в отличие от вышеприведенного, «приповерхностные природные и природно-технические системы» заменены на «приповерхностные литосистемы и литотехнические системы», что более верно, однако отмеченные выше противоречия и неточности остаются и в этом определении.

На наш взгляд более обоснованное определение инженерной геодинамики было дано в 1996 г. В.Т.Трофимовым, согласно которому «инженерная геодинамика – второе научное направление инженерной геологии, исследующее морфологию, механизм, инженерно-геологические причины и пространственно-временные закономерности формирования и дальнейшего развития в верхних горизонтах земной коры (литосферы) современных и прогнозируемых природных и антропогенных геологических процессов» (Трофимов, 1996). Дополненное и более развернутое определение было дано им же через год в таком виде: инженерная геодинамика – «второе научное направление инженерной геологии, исследующее морфологию, механизм, инженерно-геологические причины и пространственно-временные закономерности формирования и дальнейшего развития в верхних горизонтах земной коры (литосферы) современных и прогнозируемых геологических процессов, формирующихся в ходе естественного развития земной коры под влиянием всей совокупности природных факторов и в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человечества» (Трофимов, 1997).

Однако исходя из этих двух формулировок не ясно, входят ли в предмет исследования инженерной геодинамики процессы взаимодействия инженерного сооружения и литосферы в области его влияния? Являются ли предметом её изучения литотехнические системы (ЛТС), рассматриваемые как часть природно-технических систем (ПТС)? Теория и практика развития инженерной геодинамики показывает, что ЛТС, как компонент ПТС, изучается и в инженерной геодинамике (локальные ЛТС и ПТС), и в региональной инженерной геологии (региональные ЛТС и ПТС). Следовательно, это необходимо ясно отразить и в определении инженерной геодинамики, например, как это было сделано в вышеприведенном, хотя и не вполне точном определении Г.К.Бондарика и др. (2007).

Учитывая вышеизложенное считаем, что наиболее обоснованное определение инженерной геодинамики должно в настоящее время даваться в следующем виде: инженерная геодинамика – второе научное направление инженерной геологии, изучающее механизм, динамику, локальные закономерности формирования природных и антропогенных геологических (инженерно-геологических) процессов в верхних горизонтах земной коры (литосферы) в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

В такой формулировке более ясно выделяется комплекс основных типов решаемых задач инженерной геодинамики: ретроспективных (изучение прошедших процессов), текущих (морфологических или описательных по форме) и планируемых (прогнозных). Кроме того, здесь более ясно обозначены объект инженерной геодинамики – верхние горизонты земной коры (литосферы), а также её предмет исследования – механизм, динамика, закономерности формирования указанных процессов.

Таким образом, объект изучения инженерной геодинамики – верхние горизонты земной коры, т.е. такой же, как и у других разделов инженерной геологии. При этом, в инженерной геодинамике основное внимание уделяется изучению геологических процессов, протекающих или могущих возникнуть в самой верхней, приповерхностной части земной коры как в природной обстановке (экзогенные и эндогенные геологические процессы природной реальной или идеальной литосистемы), так и в освоенных человеком массивах (антропогенные или инженерно-геологические процессы природно-технической идеальной или реальной литосистемы).

Исходя из вышеизложенного предметом исследований инженерной геодинамики являются знания о механизме, динамике, локальных закономерностях формирования геологических и инженерно-геологических процессов верхних горизонтов земной коры. При этом динамика развития геологических процессов анализируется в двух временных системах: 1) в геологическом времени — при исследовании закономерностей формирования (история развития) древних и современных (по И.В.Попову) геологических процессов, обусловивших формирование определенных геологических явлений в современном рельефе или в толщах горных пород; 2) в физическом времени — при анализе тех же закономерностей применительно к современным действующим геологическим процессам или при разработке прогноза их пространственно-временного развития под воздействием природных или антропогенных причин (Трофимов, 1997).

Структура современной инженерной геодинамики сформировалась к 1980-м годам. Большинство исследователей выделяют в ней три научных раздела: 1) общую инженерную геодинамику; 2) геодинамическое грунтоведение; 3) региональную инженерную геодинамику (см. рис.2.6).

Согласно Г.К.Бондарику и др. (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007) инженерная геодинамика состоит из тех же трёх частей, но называемых по-иному: 1) общей экзогеодинамики, рассматривающей движение литосферы в физическом времени, обусловленное её взаимодействием с внешними сферами; 2) динамического грунтоведения – учения «об изменении свойств грунтов в физическом времени»; 3) региональной экзогеодинамики, изучающей про-

странственные закономерности проявления ЭГП.

Общая инженерная геодинамика – научный раздел инженерной геодинамики, изучающий общие закономерности формирования природных и антропогенных геологических (инженерно-геологических) процессов в верхних горизонтах земной коры (литосферы) в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Объектом общей инженерной геодинамики являются верхние горизонты земной коры.

Предметом её исследований является выявление наиболее общих закономерностей формирования природных и антропогенных геологических (инженерно-геологических) процессов в верхних горизонтах земной коры (литосферы) в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Определение второго (смежного) раздела инженерной геодинамики – геодинамического грунтоведения, было приведено выше.

Региональная инженерная геодинамика – *(смежный) научный раздел инженерной геод*инамики, исследующий временно-пространственные закономерности развития в массивах верхних горизонтов земной коры современных и прогнозируемых природных и антропогенных геологических процессов (Трофимов, 1997).

Объектом региональной инженерной геодинамики также являются верхние горизонты земной коры.

Предметом же её исследований служит выявление региональных (пространственных) закономерностей *развития в массивах верхних гори*зонтов земной коры современных и прогнозируемых природных и антропогенных геологических процессов.

При этом основное внимание уделяется изучению пространственной приуроченности этих процессов (морфологическая задача), закономерностей их формирования (ретроспективная задача), а также разработке пространственного прогноза природных и антропогенных геологических процессов (Трофимов, Аверкина, 2007; Инж. геология России, 2013).

Региональная инженерная геология. Третьим научным направлением инженерной геологии является региональная инженерная геология. Наиболее полные определения региональной инженерной геологии как раздела инженерной геологии были даны В.Т.Трофимовым в 1996 и 1997 гг.

Так, в 1996 г. региональная инженерная геология определялась им, как «третье научное направление инженерной геологии, исследующее инженерно-геологические условия различных структурных зон земной коры, закономерности их пространственного распределения и формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых природных и антропогенных геологических процессов» (Трофимов, 1996).

Год спустя эта дефиниция была несколько расширена и определение было дано автором в следующем виде: «Региональная инженерная геология — научное направление инженерной геологии, исследующее инженерно-геологические условия различных структурных зон земной коры, закономерности их пространственного распределения, формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов, формирующихся в ходе естественного, развития земной коры под влиянием всей совокупности природных факторов и в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человечества» (Трофимов, 1997). В таком же виде это определение было приведено и в монографии В.Т.Трофимова и Т.И.Аверкиной (2007).

Это последнее определение можно было бы считать наиболее обоснованным, если бы оно не нарушало ряд логических правил дефиниции (см. гл. 1.1): 1) это определение слишком длинно; 2) в нем используются узкоспециальные термины, не понятные широкому кругу специалистов, не являющихся инженер-геологами (например, такие термины как «инженерно-геологические условия», «структурная зона»).

С учетом этого можно дать следующее более краткое и простое определение региональной инженерной геологии: региональная инженерная геология – третье научное направление инженерной геологии, изучающее региональные закономерности развития верхних горизонтов земной коры (литосферы) и их взаимодействия с инженерными сооружениями в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человека.

Объект изучения региональной инженерной геологии такой же, как и у других направлений инженерной геологии – верхние горизонты земной коры, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Но предмет её исследования, как заметил В.Т.Трофимов (1997), по содержанию более сложен, чем в грунтоведении и инженерной геодинамике. Это обусловлено тем, что и грунтоведение, и инженерная геодинамика исследуют только по одной, хотя и очень сложной, компоненте инженерно-геологической структуры – соответственно грунты, её слагающие, и геологические процессы, развитые в её пределах. Региональная же инженерная геология исследует структуру как систему в целом.

Как отмечали В.Т.Трофимов и Т.И.Аверкина (2007): «объектом региональной инженерной геологии можно было бы считать верхние горизонты земной коры. Однако то же самое можно сказать о других направлениях инженерной геологии – грунтоведении и инженерной геодинамике. Чтобы их разграничить уточним, что грунтоведение исследует только одну составляющую земной коры – породы и осадки как грунты, инженерная геодинамика – другую составляющую – геологические процессы, а региональная инженерная геология – комплекс составляющих в рамках какого-либо региона или регионов. Этот комплексный подход требует изучения рельефа, пород и подземных вод, их свойств и условий залегания, геологических процессов и явле-

ний и т.д. Исходя из этого, правильнее всего в качестве объекта региональной инженерной геологии рассматривать различные структурные зоны земной коры».

На наш взгляд такое разграничение не целесообразно. Поскольку единство объекта исследования всех трех научных направлений инженерной геологии – необходимое условие их существования в рамках одной науки – инженерной геологии, а также в рамках других наук геологического цикла. Разграничение объекта исследований влечет за собой разделение науки на новые научные направления. К тому же здесь по-суги речь идет о предмете изучения, а не об объекте. Предметы же исследований у всех научных направлений инженерной геологии (и её разделов) действительно разные, что и позволяет выделять эти самостоятельные направления.

Из вышеприведенного определения региональной инженерной геологии следует, что «главное в региональной инженерной геологии, составляющее её предмет — исследование пространственных закономерностей размещения структурных зон земной коры с разными инженерно-геологическими условиями (инженерно-геологических структур) и истории их формирования, а также изучение их пространственно-временного изменения (условия, структур) под влиянием современных природных и антропогенных геологических процессов» (Трофимов, 1996).

Однако позже предмет региональной инженерной геологии с учетом введённого В.Т.Трофимовым и Т.И.Аверкиной (2007) понятия о «структурных зонах» был видоизменен и приведен в следующей форме: «предмет изучения региональной инженерной геологии – система инженерно-геологических знаний о различных структурных зонах земной коры» (Трофимов, Аверкина, 2007). Это определение не меняет сути предыдущего определения, но является более кратким.

Однако, недостатком этих двух определений предмета региональной инженерной геологии также является использование в них ряда не раскрытых специальных, сугубо инженерно-геологических терминов («структурная зона», «инженерно-геологическая структура», «инженерно-геологические условия»), что делает эти определения не ясными для широкого круга геологов, а тем более не специалистов.

С учетом этого предметом региональной инженерной геологии следует считать знания о региональных закономерностях развития верхних горизонтов земной коры (литосферы) и их взаимодействия с инженерными сооружениями (региональными литотехническими системами) в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Как отмечалось выше (см. рис.2.6), в рамках региональной инженерной геологии выделяются три научных раздела – 1) общая региональная инженерная геология; 2) региональное грунтоведение и 3) региональная инженерная геодинамика. Региональное грунтоведение одновременно является и разделом грунтоведения, находится в области пересечения региональной инженерной геологии и грунтоведения. Точно также региональная инженерная геодинамика является одновременно разделом инженерной геодинамики и находится в сфере пересечения региональной инженерной геологии и инженерной геодинамики (Трофимов, Аверкина, 2007). Приведем определения трех разделов региональной инженерной геологии.

Определение общей региональной инженерной геологии в 1997 г. было дано В.Т.Трофимовым в следующем виде – «научный раздел, исследующий закономерности формирования, пространственного размещения (распределения) и изменения инженерно-геологических структур под влиянием современных и прогнозируемых природных и антропогенных геологических процессов» (Трофимов, 1997). Однако в нём используется не раскрытый специальный термин «инженерно-геологическая структура», что делает такое определение, верное по-сути, не понятным для многих читателей и специалистов. С учетом этого дадим это определение в новой редакции6

Общая региональная инженерная геология – научный раздел региональной инженерной геологии, исследующий наиболее общие закономерности развития верхних горизонтов литосферы и их взаимодействия с техносферой в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека. В этом определении понятие «техносфера» не является не раскрытым термином, поскольку широко употребляется не только в инженерной геологии.

Это основной раздел региональной инженерной геологии, в котором комплексно с инженерно-геологических позиций изучаются природные и/или природно-технические литосистемы регионального уровня. Объектом общей региональной инженерной геологии являются верхние горизонты земной коры. Объекты при этом можно рассматривать и в признаковом, и в реальном геологическом пространствах, как статические и как динамические (Трофимов, Аверкина, 2007).

Предмет же её исследования, как это вытекает из вышеприведенных двух определений, можно обозначить двояко: 1) закономерности развития верхних горизонтов литосферы и их взаимодействия с техносферой в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека; либо, с использованием в дефиниции специального термина «инжерено-геологическая структура»: 2) закономерности формирования, пространственного размещения (распределения) и изменения инженерно-геологических структур под влиянием современных и прогнозируемых природных и антропогенных геологических процессов.

Определения двух других (смежных) разделов региональной инженерной геологии (регионального грунтоведения и региональной инженерной геодинамики), их объектов и предметов исследований были приведены выше.

Становление трёх указанных выше основных научных направлений инженерной геологии, формирование её структуры сложилось не сразу, а происходило постепенно, занимая определенный исторический период развития в нашей стране и за рубежом (см. гл.1).

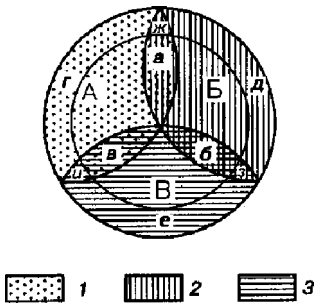


Рис. 2.7. Логическая схема структуры и соотношения научных направлений и разделов современной инженерной геологии: внутренний круг – инженерная геология Земли, область между внешним и внутренним кругом – инженерная геология небесных тел; 1 – грунтоведение; 2 – инженерная геодинамика; 3 – региональная инженерная геология; А,г – соответственно, общее грунтоведение Земли и небесных тел; Б,д – соответственно, нженерная геодинамика Земли и небесных тел; В,е – соответственно, региональная инженерная геология Земли и небесных тел; а,ж – геодинамическое грунтоведение Земли и небесных тел, соответственно; б,з – региональная инженерная геодинамика Земли и небесных тел, соответственно; в,и – региональное грунтоведение Земли и небесных тел, соответственно

В истории развития инженерной геологии выделяются разные этапы, порой по-разному обосновываемые многими учеными инженер-геологами. На наш взгляд временные рамки этих этапов не столь уж важны, более важны качественные сдвиги, происходящие в развитии инженерной геологии, которыми и определяются те или иные исторические рамки. Среди них можно выделить главные. Сначала зарождение и становление инженерной геологии целиком определялось практическими потребностями инженерно-строительной деятельности. Запросы усложняющегося строительства диктовали привлечение геологов к решению инженерно-строительных проблем. Этот начальный этап становления инженерной геологии можно рассматривать как полностью прикладной, практический.

В этой связи необходимо отметить, что практические запросы общества в связи со строительством и инженерным освоением новых территорий на Земле будут все более и более увеличиваться. Но наряду с освоением Земли уже сейчас возникают новые практические запросы в инженерном освоении других небесных тел: планет земной группы (Марса и Венеры), а также ближайших спутников – Луны, Фобоса, Деймоса и др.

Поэтому в структуре инженерной геологии можно наметить исторические изменения, которые частично уже реализуются в настоящее время в связи с появлением нового крупного научного направления инженерной геологии – инженерной геологии небесных тел (или космической инженерной геологии).

Однако, некоторыми авторами инженерная геология небесных тел включается в структуру специальной инженерной геологии (см. ниже).

Инженерная геология небесных тел является научным направлением инженерной геологии, изучающим инженерно-геологические условия верхних горизонтов небесных тел, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием природных и техногенных процессов в связи с освоением этих небесных тел.

Объектом исследования инженерной геологии небесных тел являются верхние горизонты грунтовых толщ этих небесных тел, изучаемые в связи с их освоением и инженерной деятельностью человека.

Предметом изучения инженерной геологии небесных тел являются знания о морфологии, закономерностях формирования и пространственно-временном изменении верхних горизонтов грунтовых толщ небесных тел в связи с их освоением и инженерной деятельностью человека.

Инженерная геология небесных тел включает все три традиционных направления инженерной геологии Земли (грунтоведение, инженерную геодинамику и региональную инженерную геологию), но ориентированные не на изучение инженерно-геологических условий Земли, а на изучение инженерно-геологических условий различных небесных тел, прежде всего Луны, Марса, Венеры и др. В соответствии с этим структуру современной инженерной геологии можно представить в виде логической схемы, показанной на рис. 2.7.

2.3.3. Прикладные разделы инженерной геологии и её соотношение с другими науками

Помимо трех научных направлений, в рамках традиционной инженерной геологии (Земли) можно выделить ряд прикладных разделов, которые призваны способствовать решению конкретных практических задач, обеспечивать информацией конкретные виды инженерно-хозяйственной деятельности человечества. Иногда эти разделы объединяли под названием специальная инженерная геология (по Ф.П.Саваренскому). Для решения большинства практических задач необходимы комплексные исследования с привлечением данных и грунтоведения, и инженерной геодинамики, и региональной инженерной геологии, а иногда и других геологических и негеологических наук (Трофимов, Аверкина, 2007).

Вопрос о прикладных разделах инженерной геологии неоднократно рассматривался в работах разных исследователей. Опираясь на представления Г.К. Бондарика (1981), Е.М.Сергеева (1998) и В.Т.Трофимова (1997), можно в прикладном аспекте выделять инженерную геологию городов и городских агломераций, месторождений полезных ископаемых, мелиоративную, промышленного, гидротехнического, энергетического гидротехнического, теплоэнергетического, атомноэнергетического, сельскохозяй-

ственного, дорожного, аэродромного и линейного строительства и др. Согласно В.Д.Ломтадзе эти разделы входят в выделяемую им специальную инженерную геологию (Ломтадзе, 1970, 1983). В 1984 г. В.Д.Ломтадзе сформировал новое научное направление – инженерная геология месторождений полезных ископаемых и выпустил одноименный учебник.

В приведенном перечне нет морской инженерной геологии, которую многие исследователи включают именно в данный ряд. Это, как отметил еще в 1981 г. Г.К.Бондарик, не совсем логично, поскольку при выделении морской инженерной геологии и вышеназванных прикладных разделов используются разные основания деления. Он предложил отдельное подразделение инженерной геологии по пространственному положению объекта: инженерная геология приповерхностных зон земной коры и инженерная геология глубинных зон земной коры. Первая, в свою очередь, включает инженерную геологию территорий (суши) и инженерную геологию акваторий (морского дна). Последний раздел обычно и называют морской инженерной геологией (Трофимов, Аверкина, 2007).

В.Т.Трофимов, отмечая логичность и правомерность этого деления, счел целесообразным несколько его видоизменить (рис. 2.8). По пространственному положению объекта инженерную геологию он разделяет на инженерную геологию территорий (которая включает инженерную геологию приповерхностных и глубинных зон земной коры) и инженерную геологию акваторий (которая включает инженерную геологию шельфовых зон, континентального склона и океанического ложа). Отметим, что аналог такого подхода можно найти в работе Е.М. Сергеева (1989), только инженерная геология территорий у него не совсем удачно названа «субаэральной», а инженерная геология акваторий – «субаквальной».

Не менее важное значение имеет четкое определение соотношения инженерной геологии с другими науками геологического цикла и иными научными направлениями. Незнание этого соотношения часто порождает ошибки в терминологии и методологии как самой инженерной геологии, таки и других наук. Среди этих вопросов в последнее время вновь приходится обсуждать соотношение инженерной геологии и геотехники.

Геотехника – научное направление, развитое за рубежом, и искусственно насаждаемое в нашей стране. В ряде стран Запада (США, Великобритания, Франция, Норвегия, Швеция и др.) геотехникой называется изучение горных пород для целей строительства. Казалось бы, дискуссия по вопросу соотношения геотехники и инженерной геологии была закрыта в 1970-е годы. Однако в последнее время вновь «геотехника» насаждается в разных сферах в нашей стране.

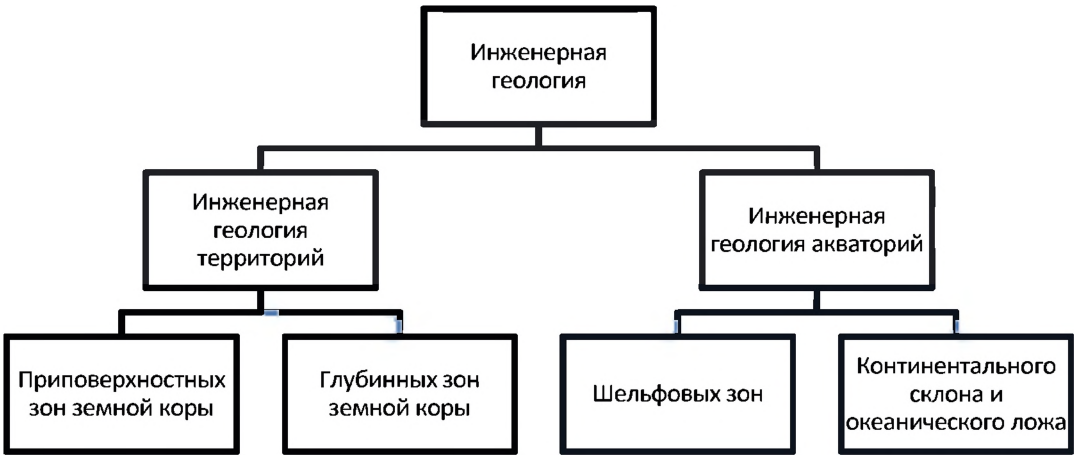


Рис. 2.8. Схема подразделения инженерной геологии по пространственному положению объекта исследований (по В.Т.Трофимову и Т.И.Аверкиной, 2007)

Как отмечал Е.М.Сергеев (1968), разница между «грунтоведением» и «геотехникой» «не только в названии, разница и в содержании, которое вкладывается в эти два названия, в первую очередь в их методологическом содержании. Грунтоведение – писал Е.М.Сергеев, мы относим к циклу геологических или, иначе говоря, естественноисторических дисциплин. Геотехника возникла в результате сочетания двух областей знания: механики грунтов и фундаментостроения. Поэтому геотехника скорее представляет собой техническую дисциплину, нежели дисциплину естественноисторического цикла. Это приводит к тому, что одни и те же проблемы, например изучение свойств пород, решают с разных позиций».

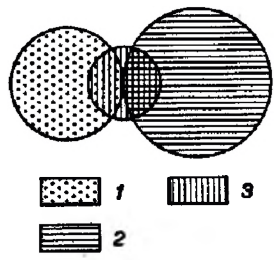


Рис. 2.9. Соотношение инженерной геологии и геотехники (Трофимов, 1977): 1 – инженерная геология; 2 – строительное производство (проектирование и строительство); 3 – геотехника

Далее Е.М.Сергеев обосновывает этот тезис, опираясь на анализ изучения качества (состава, структуры и текстуры грунта) и свойств грунта в рамках грунтоведения и в геотехнике, отмечая, что в отличие от геотехники отечественное грунтоведение является генетическим. Он писал: «Геотехника не ставит перед собой задачу изучения генезиса пород как исходной позиции для познания качества и свойств грунта. Геотехника мало уделяет внимания изучению качественной стороны грунта и сосредоточивает свое главное внимание на познании свойств грунтов. Основной вопрос, которым занимается геотехника – изучение конкретных свойств грунтов и их количественная характеристика. При этом недостаточно учитывается среда, конкретная природная обстановка и фактор времени, под влиянием которых происходят значительные качественные изменения грунтов.

Генетическое грунтоведение, наоборот, придает первостепенное значение качественным изменениям, которые происходят в породах под влиянием различных природных процессов, протекающих во времени» (Сергеев, 1968).

По мнению В.Д.Ломтадзе (1999) «геотехника» – лишний термин, «вносящий только путаницу». Аналогичная точка зрения была отражена и в терминологическом словаре по инженерной геологии, в котором геотехника рассматривается как «излишний термин, применяемый в следующих значениях: 1) как раздел инженерной геологии, занимающийся в основном механикой грунтов; 2) как направление в инженерной геологии, использующее инженерно-геологические знания и опыт при проведении строительных работ; 3) как синоним понятия «инженерная геология» (Терминологический..., 1973).

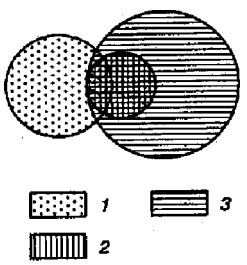


Рис. 2.10. Соотношение инженерной геологии и механики грунтов (Трофимов, 1997): 1 – инженерная геология; 2 – механика грунтов; 3 – механика

Обстоятельный современный анализ предмета, объекта и методологии «геотехники» дал А.Д.Потапов (2009), убедительно показавший, что в нашей стране все «геотехнические вопросы» давно и успешно решаются в рамках грунтоведения и механики грунтов.

Соотношение инженерной геологии и геотехники по В.Т.Трофимову (1977) показано на рис. 2.9.

Нередко возникает путаница также в соотношении инженерной геологии и механики грунтов. Согласно терминологическому словарю по инженерной геологии: «механика грунтов – дисциплина прикладной механики, изучающая взаимодействия между инженерным сооружением и породой основания» (Терминологический..., 1973). То есть механика грунтов рассматривается как раздел прикладной механики. Однако следует уточнить, что она изучает не все взаимодействия между инженерным сооружением и породами основания (грунтами), а лишь физико-механические взаимодействия.

До 1960 г. механика грунтов часто включалась в грунтоведение. Но в некоторых и современных работах механика грунтов ошибочно приравнивается грунтоведению: между этими разными научными направлениями ставится знак равенства, что не правомерно. В этой связи соотношение инженерной геологии и механики грунтов по В.Т.Трофимову (1997) показано на рис. 2.10. Из этой схемы ясно, что грунтоведение никак нельзя отождествлять с механикой грунтов.

Не меньшая путаница часто возникает и в соотношении инженерной геологии с технической мелиорацией грунтов. Соотношение этих наук согласно В.Т.Трофимову (1997) показано на рис.2.11.

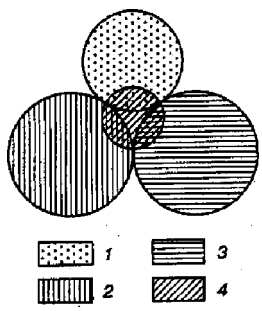


Рис. 2.11. Соотношение инженерной геологии и технической мелиорации грунтов (Трофимов, 1997): 1 – инженерная геология; 2 – строительные технологии; 3 – химические технологии; 4 – техническая мелиорация грунтов

Наряду с механикой грунтов, некоторыми специалистами выделяется так называемая «геомеханика» – наука о механических процессах в верхних горизонтах земной коры, возникающих под влиянием строительной деятельности. Как справедливо отмечал В.Д.Ломтадзе (1999), изучением и решением этих задач занимается механика грунтов, а также частично инженерная геодинамика. Поэтому нет никаких теоретических, методических и практических оснований выделять «геомеханику» как новую область знаний. По мнению В.Д.Ломтадзе «геомеханика» – лишний термин.

Аналогичная ситуация сложилась и с термином «гидрогеомеханика». Термин введен В.А.Мироненко и В.М.Шестаковым в 1974 г. Согласно этим авторам, «гидрогеомеханикой» называется наука, содержание которой составляет теория и методы исследований механических процессов (прочности и деформируемости) водонасыщенных массивов пород в земной коре. По их мнению, она «представляет направление геомеханики, ориентированное на решение гидрогеологических задач. Близкими гидрогеомеханике являются направления прикладной геомеханики в строительстве (механика грунтов) и в горном деле (горная геомеханика), тесно связана гидрогеомеханика с механикой нефтегазоносных пластов (гео-

флюидомеханика) (Мироненко, Шестаков, 1974; Шестаков, 1998).

Под «гидрогеомеханикой» некоторые специалисты понимают научное направление, связанное с попыткой объединить методы механики горных пород (механики грунтов), динамики подземных вод и инженерной геологии для изучения геологических процессов и явлений, происходящих, главным образом, в водонасыщенных горных породах и при активном влиянии подземных вод. Тем не менее, эти вопросы традиционно изучаются в вышеперечисленных науках, которые используют для этого как собственные методы, так и методы смежных наук. При этом использование какой-либо наукой методов смежных областей – общеизвестная практика, не требующая объединения этих наук (Ломтадзе, 1999).

В этой связи широкого признания «гидрогеомеханика» не получила, т.к. у неё нет собственной научной базы (Ломтадзе, 1999).

2.4. Понятийно-терминологическая база грунтоведения

В настоящее время грунтоведение обладает обширной собственной системой научных категорий. Терминология грунтоведения широко отражена в инженерно-геологических справочниках (Справочник..., 1974), инженерно-геологических и терминологических словарях (Терминологический..., 1973; Ломтадзе, 1999), в учебниках (Грунтоведение, 1971, 1983, 2005), а также в многочисленных монографиях и других публикациях, включая геологические словари и энциклопедии. Кроме того, основные определения многих категорий приведены в нормативно-методической литературе: ГОСТах, СП, СНиПах и т.п.

Но терминология современного грунтоведения складывалась постепенно: одни термины закреплялись и уточнялись, другие исчезали из научного оборота. Анализ грунтоведческой литературы за 1920-1950 гг. показывает, что многие термины грунтоведения в настоящее время потеряли свой смысл. Это впервые отметил еще Е.М.Сергеев (1953).

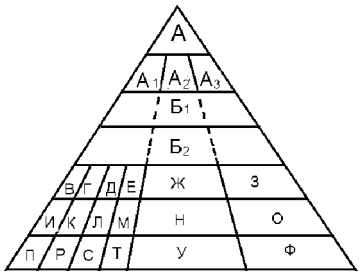


Рис.2.12. Логическая «пирамида понятий» грунтоведения: А – понятия о грунтоведении; $А_1$, $А_2$, $А_3$ – соответственно, понятия об общем, геодинамическом и региональном грунтоведении; $Б_1$, $Б_2$ – соответственно, понятия о грунтах (грунтовых толщах) и их систематике (классификациях); В – понятия о компонентном составе грунтов; Г – понятия о строении грунтов; Д – понятия о состоянии грунтов; Е – понятия о свойствах грунтов; Ж – понятия о динамических особенностях грунтов; З – понятия о региональных особенностях грунтов; И, К, Л, М – соответственно понятия о факторах формирования состава, строения, состояния и свойств грунтов; Н – понятия о факторах формирования динамических особенностей грунтов; О – понятия о факторах формирования региональных особенностей грунтов; П, Р, С, Т – соответственно, понятия о показателях (параметрах) состава, строения, состояния и свойств грунтов; У – понятия о показателях (параметрах) динамических свойств грунтов; Ф – понятия о показателях (параметрах) региональных особенностей грунтов

Так, например, сейчас такие термины, отражающие структуру грунтоведения, как «дорожное грунтоведение», «инженерно-геологическое грунтоведение», «советское грунтоведение» и др. имеют лишь историческое значение и вышли из научного оборота. Аналогичных примеров можно привести много. Таким образом, система научных категорий грунтоведения – это динамичная структура, меняющаяся и развивающаяся во времени. Но это не означает, что данная система аморфна и не стабильна. Её ядро, базовая часть, относительно консервативно и обеспечивает преемственность при появлении новых научных категорий.

Система основных собственных понятий грунтоведения, построенная в виде логической «пирамиды понятий», показана на рис. 2.12.

Основная терминология грунтоведения изложена в последнем издании учебника «Грунтоведение» (2005) и монографии «Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии» (2012). Среди наиболее важных, «собственно грунтоведческих» терминов необходимо отметить такие, как «грунтоведение общее», «грунтоведение геодинамическое», «грунтоведение региональное», «грунт», «грунтовая толща», «дисперсный грунт», «скальный грунт», «полускальный грунт», «компонентный состав грунта», «строение грунта», «состояние грунта», «свойства грунта», «генезис свойств грунта», «модель формирования свойств грунта», определения которых анализируются ниже, придерживаясь их логической систематики, отраженной на рис. 2.12.

2.4.1. Понятия систематики грунтов

Вопросы систематики грунтов являются одними из центральных в грунтоведении и чаще всего они реализуются путем разработки понятийной базы, отражаемой в виде различных классификаций грунтов. Очень важное общеметодологическое значение в грунтоведении и инженерной геологии в целом для создания её понятийной базы имеет разработка общей классификации грунтов (или как иногда неверно пишут – «общей инженерно-геологической классификации горных пород»; т.к. объемы понятий «грунт» и «горная порода» не совпадают, то в данном случае исключаются из рассмотрения в классификации почвы, осадки и антропогенные геологические образования, что не правильно). Эти классификации являются важнейшими собственными инженерно-геологическими и грунтоведческими категориями, они решают вопросы создания понятийной базы номенклатуры грунтов. Разработка этих классификаций также является важнейшим теоретическим достижением грунтоведения XX века (Шеко, 1996). Дадим определение общей классификации грунтов.

Общая классификация грунтов – группировка всего многообразия грунтов в таксоны разного ранга, составленная по определенным принципам и признакам деления с целью обеспечения решения теоретических и практических вопросов инженерной геологии.

В отличие от общих классификаций горных пород, разработанных, например, в петрографии или литологии, общая классификация грунтов имеет свой особый целевой характер – применение для целей инженерной геологии. Таким образом, общая классификация грунтов – это важнейшая собственная инженерно-геологическая категория. Общие классификации грунтов чрезвычайно широко и часто используются в инженерной геологии во всех её направлениях и прикладных разделах, в том числе при оценке инженерно-геологических условий, составлении инженерно-геологических карт, расчетах оснований сооружений и т.п. Поэтому их значение чрезвычайно велико как в теоретическом, так и прикладном аспектах.

Однако принципы и признаки деления, используемые разными авторами при составлении общих классификаций грунтов, были различны (Ломтадзе, 1970; Бондарик, 1981; Трофимов, 2005). Тем не менее, большинство авторов сходится на том, что начало деления должно основываться на учете генезиса грунтов, т.е. на генетическом принципе. Что же касается последующих стадий деления, то здесь мнения расходились. Одни считали, что в конечном итоге классификация должна объединять грунты в таксоны с одинаковыми прочностными или физико-механическими характеристиками; другие – с близкими свойствами в целом; третьи учитывали их отношение к воде, четвертые – строительные качества и т.п. Таким образом, выбор и обоснование принципов составления такой классификации – не простая методологическая задача.

Согласно Е.М.Сергееву (1952), начало разработки таких классификаций было положено ещё трудами М.В.Ломоносова (1763)[1], а позже – в XIX веке, было изложено в работах П.Усова в 1859 г., а позднее дополнено В.Карловичем, Д.Д.Нееловым и В.И.Курдюмовым.

Современные общие классификации грунтов во многом исходят из представлений М.М.Филатова (1936), подразделявшего грунты на четыре основные группы: 1) скальные; 2) осадочные; 3) органического происхождения; 4) почвы. Так, например, в общей классификации грунтов Ф.П.Саваренского (1937, 1939), дополненной позже В.Д.Ломтадзе (1970) выделялось пять групп пород: 1) скальные; 2) полускальные; 3) рыхлые несвязные; 4) мягкие связные; 5) породы особого состава, состояния и свойств. Кроме того, были предложены классификации грунтов по прочности Н.Н.Маслова (1941, 1944, 1961), по крепости пород М.М.Протодъяконова, классификация грунтов В.А.Приклонского (1943), классификация П.Н.Панюкова (1956) и др.

Детальный анализ содержания, назначения и типов созданных общих классификаций грунтов, их положительных сторон и недостатков приведен в 6-м издании учебника «Грунтоведение» (2005, с.572-583). Укажем здесь лишь главные из этих классификаций.

Общая классификация грунтов Е.М.Сергеева. Некоторые основные черты этой классификации, отражающие генетический принцип её построения, были впервые изложены Е.М.Сергеевым в 1952 г. (Сергеев, 1952). Переработанный вариант этой классификации был опубликован Е.М.Сергеевым в соавторстве в 1957 г. (Сергеев, Приклонский, Панюков, Белый, 1957). При построении этой классификации авторы сформулировали пять принципиальных положений, которые кратко сводятся к следующим позициям:

1. Основными признаками (критериями), которые необходимо учитывать в классификации, являются: а) геологические признаки (генезис); б) химико-минералогические и петрографические признаки; в) физическое состояние; г) стойкость к выветриванию; д) механическую прочность грунтов.
2. В классификации невозможно в равной мере учесть все признаки. Принимается следующая номенклатура таксонов грунтов: класс, группа, подгруппа, тип, вид, разновидность. Каждый таксон выделяется по своим признакам.
3. Основу классификации должны составлять общеизвестные группы пород: магматические, метаморфические и осадочные.
4. Обязательным является учет генетических типов пород.
5. Конечной целью должно быть такое расчленение грунтов, чтобы в конечном подразделении объединялись бы грунты с близкими инженерно-геологическими особенностями.

[1] См., например, их реконструкцию, выполненную Е.М.Сергеевым в 1952 г. (Королев, 2012).

Указанные принципы построения общей классификации грунтов впоследствии доказали свою жизнестойкость. Затем эта классификация дорабатывалась Е.М.Сергеевым и была опубликована в изданиях грунтоведения 1971 и 1983 гг., а также в учебниках «Инженерная геология» (1978, 1983).

На базе этой классификации в 1982 г. была разработана и внедрена в ГОСТ 25100-82 и СНиП общая классификация грунтов, широко применявшаяся в строительстве и инженерных изысканиях до 1995 г.

Общая классификация грунтов В.Д.Ломтадзе. Разработана на базе классификации Ф.П.Саваренского в 1970 и дополнена в 1984 г. (Ломтадзе, 1970, 1984, 1999). В ней в строках выделяется пять групп пород: 1) скальные; 2) полускальные; 3) рыхлые несвязные; 4) мягкие связные; 5) породы особого состава, состояния и свойств), а в столбцах – генетические типы, физические и физико-механические свойства. Сам В.Д.Ломтадзе называл её «Общей инженерно-геологической классификацией горных пород Ф.П.Саваренского и В.Д.Ломтадзе» (Ломтадзе, 1999). Её недостатком считается слишком большая общность выделяемых групп грунтов и их характеристики.

Общая классификация грунтов Г.К.Бондарика была разработана в 1981 г. (Бондарик, 1981) и состояла из двух частей: «Общей классификации горных пород для целей инженерной (физической) геологии» и «Общей классификации грунтов». В первой из них деление основано на генетических признаках, а во второй использовано 8 уровней и различных признаков деления. В итоге классификации получились сложными в практическим использовании.

Общая классификация грунтов по ГОСТ 25100-2011. Данная классификация была разработана в 2009-2019 гг. на основе предыдущей классификации ГОСТ 25100-95 и общей классификации грунтов, предложенной ранее Р.С.Зиангировым и В.Т.Трофимовым (Зиангиров, Трофимов, 1995). В ней также использовались основные принципы, сформулированные Е.М.Сергеевым и др. (Сергеев, Приклонский, Панюков, Белый, 1957). В ней рассматриваются не только грунты в немерзлом состоянии (классы скальных и дисперсных грунтов), но и мёрзлые грунты (класс мёрзлых грунтов), а техногенные грунты выделяются во всех трех классах и подклассах грунтов.

Классификация грунтов включает следующие таксономические единицы, выделяемые по группам признаков: – класс (подкласс) – по природе структурных связей; – тип (подтип) – по генезису; – вид (подвид) – по вещественному, петрографическому или литологическому составу; – разновидности – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов.

Общая классификация грунтов В.Т.Трофимова. Классификация опубликована в 2005 г. в 6-м издании учебника «Грунтоведение». Эта классификация несколько уточняет классификацию грунтов ГОСТа 25100-95 и учитывает недостатки предыдущих вышеперечисленных классификаций. Схема построения этой общей классификации грунтов показана на рис. 2.13.

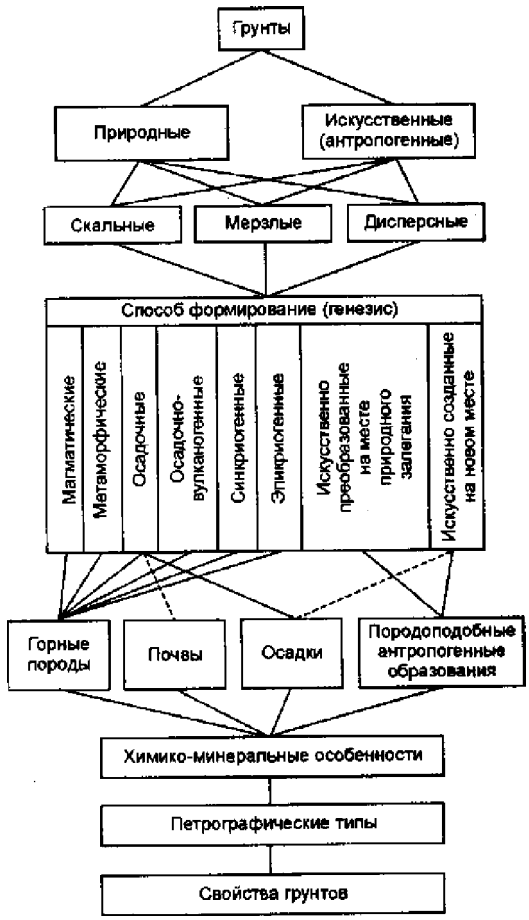


Рис. 2.13. Схема построения общей классификации грунтов В.Т.Трофимова (Грунтоведение, 2005)

Указанные классификации являются базовыми в настоящее время в грунтоведении, инженерной геологии в целом и в практических областях инженерных изысканий в строительстве.

Часть выше указанных собственных терминов грунтоведения, относящихся к структуре грунтоведения, а также термин «грунт» была рассмотрена выше (см. гл.2.3). Рассмотрим прочие из перечисленных терминов, поскольку некоторые из них трактуются разными учеными не однозначно (Базовые понятия..., 2012).

Грунтовая толща – термин был введен в инженерную геологию М.М.Филатовым в 1936 г. В большинстве случаев он употребляется как термин свободного пользования для наименования любой совокупности горных пород, характеризуемой в инженерно-геологических целях. Так, например, В.Д.Ломтадзе (1999) считал, что «грунтовая толща» это «упрощенная характеристика геологического строения, геологического строения строительной площадки» и является лищним термином. Конкретизируя этот термин, П.И.Фадеев в 1963 г. предложил понимать под грунтовой толщей «толщу горных пород и почв, находящихся в зоне активного воздействия инженерных сооружений» (Фадеев, 1963). При такой трактовке

этот термин по существу становится аналогом понятия «инженерно-геологический массив». Другими словами, он распространяется на геологические объекты естественные и измененные, рассматриваемые в связи с предполагаемыми или проектируемыми конкретными инженерными сооружениями или типами сооружений (Трофимов, Аверкина, 2005).

Согласно В.Т.Трофимову, при инженерно-геологических исследованиях в связи с наземным строительством (гражданским, дорожным, сельскохозяйственным, мелиоративным) под грунтовой толщей понимают «толщу горных пород и почв, слагающую верхнюю часть разреза различных геоморфологических элементов и находящуюся (или в большинстве случаев могущую попасть) в сфере влияния инженерных сооружений» (Трофимов, 1985). Отметим, что в вышеприведенных определениях П.И.Фадеева и В.Т.Трофимова «грунтовая толща» неудачно определяется как «толща...».

В этой связи приведем уточненное определение этого понятия: грунтовая толща – это пласты (или объем) горных пород, почв, осадков, антропогенных геологических образований верхней части разреза, который находится (или будет находиться) в сфере взаимодействия с инженерным сооружением.

Границы грунтовой толщи условны и зависят от цели и признаков, которые используются для ее выделения. Поскольку понятие о грунтовой толще связывается с взаимодействием геологических тел и инженерных сооружений, то ее мощность, верхняя и нижняя границы обуславливаются не только геологическим строением территории, но и типом сооружений, их размерами, массой и другими факторами. При наземном строительстве верхняя граница грунтовой толщи совпадает с поверхностью литосферы, а положение нижней границы (и соответственно мощность толщи) может быть разным при решении тех или иных задач. В случае массовой наземной застройки глубину грунтовой толщи часто ограничивают 10-ю метрами (Трофимов, Аверкина, 2005).

Латеральные границы грунтовой толщи определяются размером (площадью) сферы влияния проектируемого инженерного сооружения или комплекса сооружений. При региональных исследованиях в качестве таких границ обычно выбирают естественные границы грунтовых толщ разных иерархических уровней (Трофимов, Аверкина, 2005).

Этот термин широко используется и в региональном грунтоведении, и в региональной инженерной геологии, в том числе при составлении карт грунтовых толщ. Вопросам систематизации грунтовых толщ также уделялось довольно много внимания в работах П.И.Фадеева (1963), Е.М.Сергеева, А.С.Герасимовой и В.Т.Трофимова (1977), В.Т.Трофимова и Н.Г.Фирсова (1988). Обстоятельный анализ иерархии грунтовых толщ, признаков их выделения и их систематики опубликован в монографии В.Т.Трофимова и Т.И.Аверкиной (2005).

Дисперсный грунт – горная порода, почва, осадок или антропогенное геологическое образование, состоящее из раздельных элементов – твердых частиц, обломков (дисперсной фазы), между которыми нет жестких структурных связей и находится жидкая или газовая фаза (дисперсионная среда). В ГОСТ 25100-2011 дано иное определение: «грунт, состоящий из совокупности твердых частиц, зёрен, обломков и др. элементов, между которыми есть физические, физико-химические или механические структурные связи».

Типичные и широко распространенные дисперсные грунты – это глины, суглинки, супеси, пески, крупнообломочные грунты. Степень дисперсности (раздробленности) грунтов может быть весьма различна: от высокодисперсных грунтов (глины тяжелые) до грубодисперсных (пески, крупнообломочные грунты), и оценивается гранулометрическим составом.

Скальный грунт – горная порода или антропогенное геологическое образование, состоящее из аморфной твердой фазы («стекла») и/или из соединенных элементов – твердых минеральных частиц (зерен), кристаллов, обломков между которыми есть жесткие химические структурные связи, а в промежутках может находиться жидкая или газовая фаза. В ГОСТе 25100-2011 дано такое определение: «грунт, имеющий жесткие структурные связи кристаллизационного и/или цементационного типа».

Типичные и широко распространенные скальные грунты – это различные монолитные магматические, метаморфические и осадочные сцементированные грунты.

Грунт полускальный – термин, не имеющий четкого определения, т.к. нет единого критерия для выделения полускального грунта. Ранее его определяли как «грунт, состоящий из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи цементационного типа» (ГОСТ 25100-95), в противовес скальному грунту, для которого характерны структурные связи кристаллизационного типа. Однако это не точно, т.к. многие грунты имеют смешанные кристаллизационно-цементационные связи и поэтому куда их относить – не понятно. Согласно В.Д.Ломтадзе (1999), «породы относительно твердые полускальные» занимают как бы промежуточное положение по прочности, деформируемости и плотности между «породами твердыми скальными» и «породами рыхлыми несвязными».

Однако общепринятых критериев выделения полускальных грунтов по тем или иным показателям нет. И это вполне естественно, т.к. среди всего многообразия скальных грунтов существует плавный, постепенный ряд перехода от грунтов высокопрочных к слабопрочным, от слабодеформируемых к сильнодеформируемым, от высокоплотных к низкоплотным и т.п. Так, например, в терминологическом словаре по инженерной геологии к полускальным породам относятся «породы с жесткими внутренними связями, способные в отличие от скальных к уплотнению под фундаментами (мергели и т.п.) или неводостойкие» (Терминологический..., 1973). Как видим здесь используется два неопределенных критерия: способность к уплотнению или водостойкость.

В классификации Саваренского-Ломтадзе к полускальным отнесены грунты с прочностью на

сжатие менее 50 МПа. В ГОСТ 25100-2011 условная граница между скальными и полускальными грунтами принимается по прочности на одноосное сжатие (Rc >5 МПа — скальные грунты, Rc <5 МПа — полускальные грунты). Аналогичный критерий принят и в классификации В.Т.Трофимова (Грунтоведение, 2005), в которой к полускальным формально отнесены осадочные сцементированные, вулканогенно-осадочные, а также некоторые техногенные грунты с прочностью на сжатие в водонасыщенном состоянии менее 5 МПа.

Таким образом, по нашему мнению более логично отказаться от этого термина, т.к. «полускальный грунт» не имеет общепринятого критерия для выделения. Именно по этим причинам полускальные грунты не выделяются в общей классификации грунтов Е.М.Сергеева (Грунтоведение, 1971, 1983), в классификации ГОСТ 25100-82, в классификации Г.К.Бондарика (1981) и др. В этой связи логически верно выделять лишь скальные и нескальные (дисперсные) грунты.

Кроме того, собственными инженерно-геологическими категориями является целый ряд наименований отдельных типов грунтов, отличных от наименований, применяемых в литологии и др. науках. Большинство этих категорий закреплено в ГОСТах и др. нормативных инженерно-геологических документах. Укажем основные из них.

Грунт антропогенный (синоним – «антропогенно образованный») — созданный в результате хозяйственной деятельности человека.

Грунт глинистый — связный грунт, состоящий в основном из пылеватых и глинистых (не менее 3%) частиц, обладающий свойством пластичности (Ip ⩾ 1%). (ГОСТ 25100-2011).

Грунт заторфованный — песчаный или глинистый грунт, содержащий в своем составе от 3 до 50 % (по массе) торфа (ГОСТ 25100-2011).

Грунт илистый (ил) — современный морской или пресноводный органо-минеральный осадок, содержащий более 3 % (по массе) органического вещества, имеющий текучую консистенцию IL > 1, коэффициент пористости, как правило, e ⩾ 0,9 и содержащий частиц меньше 0, 01 мм, как правило, 30 % и более по массе. (ГОСТ 25100-2011).

Грунт крупнообломочный — несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более *50* % (ГОСТ 25100-2011).

Грунт минеральный – грунт, состоящий из неорганических веществ (ГОСТ 25100-2011).

Грунт несвязный – дисперсный грунт, обладающий механическими структурными связями и сыпучестью в сухом состоянии (ГОСТ 25100-2011). Представлен крупнообломочными и песчаными грунтами.

Грунт органический – грунт, содержащий 50 % (по массе) и более органического вещества (ГОСТ 25100-2011).

Грунт органо-минеральный – грунт, содержащий от 3 до 50 % (по массе) органического вещества (ГОСТ 25100-2011).

Грунт песчаный (песок) — несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером 0,05-2 мм составляет более 50 % и число пластичности Ip < 1%. (ГОСТ 25100-2011).

Грунт почвенный (почва) — поверхностный слой дисперсного грунта, состоящий из неорганического и органического вещества и обладающий плодородием (ГОСТ 25100-2011). Иное определение почвы давалось в ГОСТ 27593-88: «почва — самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твёрдых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия». В этом определении в составе почвы не указаны живые почвенные организмы, что также не верно, поскольку они – неотъемлемая составляющая почв.

С учетом этого мы предлагаем следующее определение почвы: — поверхностный плодородный слой представляющий собой открытую дисперсную четырёхкомпонентную (твёрдая, жидкая, газообразная фазы и живые организмы) систему с характерными генетико-морфологическими признаками, образовавшуюся в результате процессов выветривания, жизнедеятельности организмов и/или антропогенных факторов и обладающую плодородием.

Грунт сапропелевый (сапропель) — современный органо-минеральный или органический осадок пресноводных застойных водоемов (или погребенный), содержащий более 10 % (по массе) органического вещества, имеющий, как правило, коэффициент пористости e > 3 и текучепластичную или текучую консистенцию (ГОСТ 25100-2011).

Грунт связный – дисперсный грунт с физическими и физико-химическими структурными связями (ГОСТ 25100-2011).

Грунт торфяной (торф) — органический грунт, содержащий в своем составе 50 % (по массе) и более органического вещества, представленного растительными остатками и гумусом. (ГОСТ 25100-2011). Это самый типичный и распространенный фитогенный грунт.

Лёдогрунт – грунт, содержащий в своем составе более 90% льда (ГОСТ 25100-2011).

Лёссовые грунты — песчано-глинисто-пылеватые континентальные образования разного генезиса группы связных грунтов, содержащих более 50% частиц размером 0,05–0,005 мм, обладающие высокой пористостью, низкой влажностью и просадочностью при замачивании под действием собственного веса толщи или дополнительных нагрузок от сооружений (Базовые понятия.., 2012).

2.4.2. Понятия состава, строения и состояния грунтов

Другие важнейшие понятийные категории грунтоведения, как это следует из схемы на рис. 1.12, относятся к характеристике их состава, строения и состояния. Рассмотрим дефиниции наиболее важных из них.

Компонентный состав грунта – набор твердой, жидкой и газообразной фаз (компонент), а также биоты, составляющих грунт и характеризующих его как многокомпонентную систему.

Важнейшая собственная грунтоведческая категория, полная характеристика которой раскрывается целым комплексом специальных определений (терминов) различных компонентов грунта и его биотической составляющей (здесь не приводятся, см. Грунтоведение, 2005). В грунтоведении, в отличие от других геологических дисциплин, изучается естественный компонентный состав грунтов, который динамичен в зависимости от термодинамических условий существования грунта и формируется в результате его генезиса и последующих постгенетических (природных и техногенных) процессов. При этом в понятие «компонентный состав» входит характеристика химико-минерального состава грунта, химического состава жидкой и газовой компонент, а также вещественно-видовой состав биотической составляющей грунта (Грунтоведение, 2005). Таким образом, объем понятия «компонентный состав грунта» больше, чем понятия «минеральный состав грунта». Однако во многих инженерно-геологических работах эти объемы понятий неправомерно уравниваются, что является грубой ошибкой.

В ГОСТ 25100-2011 выделяется такая категория как «вещественный состав грунта» под которым понимается «категория, отражающая химико-минеральный состав вещества твердых, жидких, газовых и биотических (живых) компонентов грунта».

Жидкий компонент грунта — содержащиеся в разном количестве в грунтах жидкости природного или техногенного происхождения (Базовые понятия..., 2012).

Газовый компонент грунта – характерная часть грунта, представленная газообразными веществами различного (природного или антропогенного) происхождения.

Органическое вещество грунта — органические соединения, входящие в состав грунта в виде неразложившихся остатков растительных и животных организмов, и также продуктов их разложения и преобразования (ГОСТ 25100-95). Разложившаяся часть органического вещества в основном представлена гумусом.

Засоленность – характеристика, определяющаяся количеством водорастворимых солей в грунте (ГОСТ 25100-2011).

Строение грунта – пространственная организация грунта, образованная твердой, жидкой и газообразной компонентами, а также биотической составляющей грунта и обусловленная их количественным соотношением, структурными и текстурными особенностями, а также межкомпонентным взаимодействием.

В учебнике «Грунтоведение» (2005, с. 271-272) дается такое определение термина «строения грунта»: это «совокупность структурных и текстурных признаков, отражающих взаимоотношение всех компонент грунта – твердой, жидкой, газовой и биотической». На наш взгляд такая дефиниция менее удачна, т.к. в ней используются два специальных не раскрытых термина «структурные и текстурные признаки».

«Строение грунта» – также является важнейшей собственной грунтоведческой категорией, что отражается в логической схеме на рис. 2.12. Объем этого понятия больше чем понятий «структура грунта» и «текстура грунта» (см. ниже). Однако в специальной литературе часто эти понятия используются как синонимы, что является грубой ошибкой. Данная собственная грунтоведческая категория детально раскрывается целой системой подчиненных специальных понятий, среди которых наиболее важны такие как «структура грунта», «текстура грунта» и др.

Структура грунта – совокупность признаков, отражающих размер, форму, характер поверхности, количественное соотношение его структурных элементов (отдельных зерен, частиц, агрегатов, цемента, стекла) и характер взаимосвязи их друг с другом (Грунтоведение, 2005, с. 272).

В ГОСТ 25100-2011 дается такое определение: «Структура грунта – пространственная организация, определяющаяся размером, формой, характером поверхности, количественным соотношением структурных элементов грунта и характером связи между ними».

При характеристике структуры грунта определяют в основном структурные особенности его твердых компонентов: их размер, количественное соотношение (гранулометрический и микроагрегатный состав), форму, характер поверхности, контакты и структурные связи. Все они характеризуются широким набором так называемых структурных показателей (параметров).

Текстура грунта – особенности строения, обусловленные ориентировкой и пространственным взаимным расположением всех структурных элементов грунта (Грунтоведение, 2005, с. 271). Таким образом, «текстура грунта» выступает как одна из характеристик его строения и структуры, определяющих прежде всего ориентацию его структурных элементов в пространстве.

В ГОСТ 25100-2011 текстура определена как «текстура грунта – строение, обусловленное ориентировкой и пространственной организацией структурных элементов грунта».

Гранулометрический состав грунта – процентное содержание первичных (не агрегированных, раздельных) частиц различной крупности по фракциям, выраженное по отношению их массы (ГОСТ 25100-2011).

Криогенная текстура – совокупность признаков сложения мерзлого грунта, обусловленная ориенти-

ровкой, относительным расположением и распределением различных по форме и размерам ледяных включений и льда-цемента (ГОСТ 25100-2011).

Криогенные структурные связи грунта – связи, возникающие в дисперсных и трещиноватых скальных грунтах при отрицательной температуре в результате сцементирования льдом (ГОСТ 25100-2011).

Трещиноватость горных пород (от др.-славян. трескъ — гром; отсюда — трещать, трескаться) — пустотность, образованная системой трещин (трещинная пустотность); сочетание разрывов в породе, перемещения по которым отсутствуют или незначительны (Базовые понятия.., 2012).

Трещиноватость скального массива – особенность строения скального массива, обусловленная наличием трещин разного происхождения, размера, формы, направления, с различными заполнителями (ГОСТ 25100-2011).

Степень неоднородности гранулометрического состава C_u, *д.е., определяется по формуле* $C_u = d_{60}/d_{10}$, *где* d_{60}, d_{10} – диаметры частиц, мм, меньше которых в грунте содержится соответственно 60 и 10% (по массе) частиц (ГОСТ 25100-2011).

Состояние грунта – множество стабильных значений переменных параметров грунта. Термин многозначный и поэтому часто рассматривается как термин свободного пользования. В качестве таких переменных могут выбираться различные характеристики: физические (плотность – плотностное состояние грунта; температура – немерзлое состояние, талое состояние, мерзлое состояние и др.), физико-химические (влажность – влажностное состояние, консистенция грунта и т.п.), физико-механические (напряжение – напряженное состояние и т.п.), временные (прошлое состояние, настоящее, будущее; стационарное и нестационарное и т.п.), пространственные (поверхностное или приповерхностное залегание, глубокое и т.п.), нарушенности (естественное или природное состояние, техногенно-нарушенное состояние) и др. Данное состояние грунта обычно стабильно до тех пор, пока над ним не произведено какого-либо действия, после чего состояние грунта меняется.

Наряду с этим имеется много собственных инженерно-геологических категорий, характеризующих состояние грунтов. Большинство этих категорий определено в ГОСТах и иных нормативных инженерно-геологических документах. Укажем основные из них.

Грунт армированный — грунт, содержащий в своем объеме искусственные армированные элементы (металлические, синтетические и др.).

Грунт ледяной (ледогрунт) – грунт, содержащий в своем составе более 90% льда (ГОСТ 25100-95).

Грунт мёрзлый – грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент, и характеризующийся криогенными структурными связями (ГОСТ 25100-2011).

Грунт многолетнемерзлый (синоним — грунт вечномерзлый) – грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет (ГОСТ 25100-2011).

Грунт морозный – скальный грунт, имеющий отрицательную температуру и не содержащий в своем составе лед и незамерзшую воду (ГОСТ 25100-2011).

Грунт набухающий – грунт, увеличивающий свой объем при замачивании водой и имеющий относительную деформацию набухания $\varepsilon sw \geqslant 0{,}04$ (в условиях свободного набухания) или развивающий давление набухания (в условиях ограниченного набухания) (ГОСТ 25100-2011).

Грунт намывной — техногенно перемещенный грунт путем намыва.

Грунт насыпной — техногенно перемещенный грунт насыпным способом.

Грунт охлажденный – засоленный грунт, отрицательная температура которого выше температуры начала его замерзания (ГОСТ 25100-2011).

Грунт пластичномёрзлый – дисперсный грунт, сцементированный льдом, обладающий вязко-пластичными свойствами и сжимаемостью под внешней нагрузкой (ГОСТ 25100-2011).

Грунт пластичный (синоним – «грунт пластичной консистенции») – дисперсный грунт с показателем текучести (консистенции) I_L от 0 до 1 включительно.

Грунт промороженный – искусственно замороженный грунт (ГОСТ 25100-2011).

Грунт просадочный – грунт, который под действием нагрузки, соответствующей весу вышележащей толщи грунта, при замачивании водой претерпевает вертикальную деформацию (просадку) и имеет относительную деформацию просадки $\varepsilon_{sl} \geqslant 0{,}01$ (ГОСТ 25100-2011).

Грунт пучинистый – дисперсный грунт, который при переходе из талого состояния в мерзлое увеличивается в объеме вследствие образования льда (ГОСТ 25100-2011).

Грунт сезонномерзлый – грунт, находящийся в мерзлом состоянии периодически в течение холодного сезона (ГОСТ 25100-2011).

Грунт сыпучемерзлый – крупнообломочный и песчаный грунт, имеющий отрицательную температуру, но не сцементированный льдом (ГОСТ 25100-2011).

Грунт твердомёрзлый – дисперсный грунт, прочно сцементированный льдом, характеризуемый относительно хрупким разрушением, практически несжимаемый под внешней нагрузкой (ГОСТ 25100-2011).

Грунт твердый (синоним – «грунт твердой консистенции») – дисперсный грунт с показателем текучести (консистенции) $I_L<0$.

Грунт текучий (синоним – «грунт текучей консистенции») – дисперсный грунт с показателем текучести (консистенции) $I_L>1$.

Грунт техногенно измененный в условиях естественного залегания– природный грунт, подвергнутый различному по природе техногенному воздействию (химическому, физическому, физико-химическому, биологическому и т.п.) на месте его залегания (ГОСТ 25100-2011).

Грунт техногенно перемещенный (переотложенный) – природный грунт, перемещенный тем или иным искусственным способом с места его естественного залегания и подвергнутый при этом частичному преобразованию (ГОСТ 25100-2011).

Грунт техногенный (синоним – «искусственный») — преобразованный разными способами естественный грунт или грунт, созданный в результате хозяйственной деятельности человека. В соответствии с ГОСТ 25100-2011 «**техногенный грунт** — грунт, измененный, перемещенный или образованный в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека».

2.4.3. Понятия свойств грунтов

Это наиболее ёмкая группа понятийных категорий грунтоведения, отражающая большой комплекс показателей различных свойств грунтов. Она включает в себя понятия как общенаучные (химические, физико-химические, физические, физико-механические, биологические показатели), общегеологические, так и специфические (специальные) грунтоведческие показатели. Но что понимается под свойствами грунта?

Свойства грунта – особенности грунта, обусловливающие его различие или сходство с другими грунтами (или телами) и проявляющиеся во взаимодействии с ними или с различными вещественными или энергетическими полями.

В грунтоведении изучаются, прежде всего, такие свойства грунтов, которые важны для решения различных теоретических и практических инженерно-геологических задач. Систематизация свойств грунтов может быть построения по разным принципам. Первая наиболее полная систематизация свойств грунтов и соответствующих показателей для целей инженерной геологии была предложена В.А.Королевым (1996,в). В современном грунтоведении чаще всего выделяют свойства грунтов следующих классов: химические, физико-химические, физические, физико-механические и биотические (Грунтоведение, 2005).

Биотические свойства грунтов (от греч. bio — жизнь) — в инженерной геологии особенности грунтов, обусловленные присутствием и жизнедеятельностью в них биотических (живых) компонентов от микро- до макроуровня (Базовые понятия..., 2012).

Физические свойства грунтов — в инженерной геологии класс свойств грунтов, обусловленных действием физических полей различной природы (Базовые понятия..., 2012). К ним относятся: плотностные, гидрофизические, газофизические, теплофизические, электрические, магнитные, радиационные свойства (Базовые понятия..., 2012).

Физико-химические свойства грунтов — в инженерной геологии класс свойств грунтов, проявляющихся в ходе различных физико-химических процессов, происходящих на границах раздела фаз или в объеме всего грунта (Базовые понятия..., 2012).

Химические свойства грунтов — в инженерной геологии класс свойств грунтов, обусловленных происходящими в них химическими изменениями и характеризующих их способность участвовать в химических взаимодействиях с различными веществами (Базовые понятия..., 2012).

Физико-механические свойства грунтов — в инженерной геологии особенности грунтов, которые обусловливают их различие или сходство с другими грунтами при механическом воздействии и проявляются при их взаимодействии с внешними нагрузками. Формально относятся к классу физических свойств (см.) т.к. проявляются в физическом поле механических напряжений, однако вследствие их значимости рассматриваются в качестве отдельного класса.

Свойства грунтов каждого класса в свою очередь характеризуются широким набором различных специальных (в том числе грунтоведческих), общегеологических и общенаучных (химических, физико-химических, физических, термодинамических и т.п.) показателей, которые здесь не рассматриваются. Характеристика этих показателей свойств изложена во многих учебниках, методических пособиях и справочниках по инженерной геологии (Справочник..., 1974; Грунтоведение, 2005).

Показатели грунта – набор характеристик (параметров), отражающих особенности формирования грунта (генетические и историко-геологические показатели), а также особенности его состава, строения, состояния и свойств (морфологические показатели).

Эта собственная категория в грунтоведении наиболее многочисленна по содержанию и объему и включает в себя большое количество понятий, определяющих различные характеристики грунтов.

Генезис свойств грунта – способ (механизм) формирования данного свойства грунта (Грунтоведение, 2005). Собственное понятие инженерной-геологии, в отличие от общегеологических понятий «генезис горной породы» или «генезис осадка» (как грунтов). Различные свойства грунтов могут быть сингенетическими (сформировавшимися одновременно с образованием грунта) или эпигенетическими (приобретенными или видоизмененными после образования грунта). Согласно В.Т.Трофимову, могут выделяться также классы переходных свойств – син-эпигенетические или эпи-сингенетические (Грунтоведение, 2005, с. 52).

Модель формирования свойства (состава, состояния) грунта – это абстрактная модель, описывающая тем или иным способом с той и ли иной степенью схематизации способ (процесс, механизм) становления данного показателя грунта. Определение термина дано В.Т.Трофимовым (Грунтоведение, 2005).

Логико-графическая модель формирования свойства грунтов – графическая модель, отображающая главные, логически важные закономерности формирования данного свойства грунта. Определение термина дано В.Т.Трофимовым (Грунтоведение, 2005). Такие модели относятся к классу знаковых моделей и активно применялись Н.Я.Денисовым, В.Д.Ломтадзе, В.Т.Трофимовым, Д.А.Спиридоновым и др. для анализа формирования различных свойств грунтов (просадочности и т.п.).

К собственным терминам, характеризующим свойства грунтов или отдельные показатели также относятся нижеследующие.

Агрессивность грунтов (от лат. aggredior, aggressus, aggresio — нападать, нападение) — в инженерной и экологической геологии рассматривается в двух аспектах: в широком смысле под ней понимают негативное влияние грунтов на компоненты природно-технических систем, вызывающее их разрушение; в узком смысле — негативное химическое, биологическое и физико-химическое влияние грунтов на строительные материалы, инженерные сооружения, приводящее к их разрушению (Базовые понятия..., 2012).

Адсорбционные свойства грунтов (от лат. ad — на, при и sorbeo — поглощаю) в инженерной геологии — особенности грунтов, характеризующие их способность поглощать (сорбировать) какие-либо вещества (Базовые понятия..., 2012). Относятся к классу физико-химических свойств.

Влагоемкость грунтов — их способность вмещать и удерживать максимальное количество воды, обусловленная их структурными особенностями и прежде всего – той или иной категорией пористости (Базовые понятия..., 2012).

Водопроницаемость – способность грунтов фильтровать воду (ГОСТ 25100-2011). Относятся к классу физических свойств.

Водопрочность грунтов (или водоустойчивость) — их способность сохранять механическую прочность и устойчивость в водной среде (Базовые понятия..., 2012). Водопрочность грунтов в инженерной геологии характеризуют по их размокаемости, размягчаемости и размываемости.

Высота капиллярного поднятия h_c, м, – наибольшая (равновесная) высота подъема воды по порам грунта, отсчитываемая от зеркала грунтовых вод (равная мощности капиллярной каймы) (ГОСТ 25100-2011).

Газоносность грунтов — общее количество газов, содержащихся в единице массы или объема грунта в данных условиях (Базовые понятия..., 2012). Относится к классу физических (газофизических) свойств.

Деформационные свойства грунтов (от лат. deformatio — искажение, изменение формы) — особенности поведения грунтов, проявляющиеся в изменении относительного положения их частиц под воздействием механических напряжений, не превышающих критического уровня, т.е. без разрушения грунта (Базовые понятия..., 2012). Относятся к классу физико-механических свойств.

Динамические свойства грунтов — группа физико-механических свойств грунтов, определяющих их реакцию на действие динамических нагрузок (Базовые понятия..., 2012).

Длительная прочность грунтов — их способность терять прочность при увеличении длительности действия нагрузки на грунт (Базовые понятия..., 2012). Относится к классу физико-механических свойств.

Капиллярные свойства грунтов — особенности грунтов, характеризуемые капиллярными явлениями, возникающими вследствие наличия поверхностного натяжения поровой жидкости на границе с газом (собственным паром) или другой жидкостью (Базовые понятия..., 2012). Относятся к классу физико-химических свойств.

Коррозионные свойства грунтов (от позднелат. corrosio — разъедание) — особенности грунтов, обусловленные их коррозионной способностью, выражающейся в разрушении металлических конструкций (сооружений) при взаимодействии их с грунтом (Базовые понятия..., 2012). Относятся к классу физико-химических свойств.

Коэффициент водонасыщения S_r (или степень влажности), д. е., определяется по формуле $S = w\rho_s / e\rho_w$, где w — природная влажность грунта, д. е. (ГОСТ 5180); e – коэффициент пористости, д.е.; ρ_s – плотность частиц грунта, г/см3 (ГОСТ 5180); ρ_w – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см^3 (ГОСТ 25100-2011).

Коэффициент выветрелости K_{wr}, д. е., определяется по формуле (ГОСТ 25100-2011): $K_{wr} = \rho_в / \rho_{нв}$, где $\rho_в$ – плотность выветрелого грунта, г/см^3 (ГОСТ 5180); $\rho_{нв}$ – плотность невыветрелого грунта, г/см^3 (ГОСТ 5180).

Коэффициент выветрелости крупнообломочных грунтов K_{wrt}, д. е., определяется по формуле $K_{wrt} = (K_1 - K_0)/K_1$, где K_1 – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм после испытания на истирание в полочном барабане; K_0 – то же, в природном состоянии (ГОСТ 25100-2011).

Коэффициент истираемости крупнообломочных грунтов K_{fr}, д. е., определяется по формуле $K_{fr} = q_1/q_0$, где q_1 – масса частиц размером менее 2 мм после испытания крупнообломочных фракций грунта (частицы размером более 2 мм) на истирание в полочном барабане; q_0 – начальная масса пробы крупнообломочных фракций (до испытания на истирание) (ГОСТ 25100-2011).

Коэффициент пористости e, д. е., определяется по формуле $e = (\rho_s - \rho_d)/\rho_d$, где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см^3 (ГОСТ 5180); ρ_d – плотность сухого грунта, г/см^3 (ГОСТ 25100-2011).

Коэффициент размягчаемости в воде K_{sof}, д. е., определяется по формуле $K_{sof} = R_c/R_{вс}$, где R_c, $R_{вс}$ – предел прочности грунта на одноосное сжатие соответственно в водонасыщенном и в воздушно-сухом состоянии (ГОСТ 12248).

Коэффициент сжимаемости мерзлого грунта m_{vf}, МПа$^{-1}$ – параметр, характеризующий объемную деформируемость мерзлого грунта под нагрузкой (ГОСТ 25100-2011).

Коэффициент трещинной пустотности КТП, % – отношение суммарной площади трещин к площади породы (ГОСТ 25100-2011).

Коэффициент фильтрации k**, см/с или м/сут** – скорость фильтрации воды при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации (ГОСТ 25584).

Липкость, прилипаемость (предел адгезионной прочности глинистых грунтов) – способность грунта

прилипать к различным материалам при соприкосновении (ГОСТ 25100-2011).

Морозостойкость грунтов — способность грунтов сопротивляться циклическому воздействию отрицательных температур (Базовые понятия..., 2012).

Набухаемость грунтов — их способность увеличивать свой объем и развивать давление набухания при гидратации или взаимодействии с химическими растворами (Базовые понятия..., 2012).

Относительная деформация набухания без нагрузки ε_{sw}, д. е., – отношение увеличения высоты образца глинистого грунта при замачивании после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения к начальной высоте образца природной влажности (ГОСТ 12248).

Относительная деформация просадочности ε_{sl}, д. е. – отношение разности высот образцов, соответственно, природной влажности и после его замачивания при заданном давлении (давление вышележащего грунта плюс давление от сооружения) к высоте образца природной влажности (ГОСТ 23161).

Относительное содержание органического вещества I_r, д. е. – отношение массы органического вещества к массе абсолютно сухого грунта (ГОСТ 23740 и ГОСТ 26213).

Плотность грунтов — физическое свойство грунтов, количественно оцениваемое величиной отношения их массы к занимаемому объему (Базовые понятия..., 2012). В инженерной геологии для характеристики плотности используют следующие показатели: плотность твердых частиц грунта (ρ_s), плотность грунта (ρ), плотность скелета грунта (ρ_d), плотность грунта в рыхлом и плотном сложении, плотность грунта под водой и др. Все показатели плотности грунтов измеряются в кг/м^3 (система СИ) или г/см^3 (система СГС) и определяются по ГОСТ 5180.

Показатель качества породы RQD, %, – отношение суммарной длины сохранных кусков керна длиной более 10 см к длине пробуренного интервала в скважине (ГОСТ 25100-2011).

Показатель текучести ***IL,*** д.е. – показатель состояния (консистенции) глинистых грунтов, определяется по формуле (ГОСТ 25100-2011): $IL = (w-w_p)/I_p$, где w – естественная влажность, % ГОСТ 5180); w_p – влажность на границе раскатывания, % (ГОСТ 5180); I_p – число пластичности, %.

Пористость грунта n, %, определяется по формуле (ГОСТ 25100-2011): $n = 100\cdot(\rho_s - \rho_d)/\rho_s$, где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см3 (ГОСТ 5180); ρ_d – плотность сухого грунта, г/см^3.

Предел прочности грунта на одноосное сжатие R, МПа – отношение нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади его первоначального поперечного сечения (ГОСТ 12248).

Просадочность грунтов — способность под действующей нагрузкой (от собственного веса толщи или дополнительной нагрузки от сооружения) при увлажнении (замачивании) уменьшать свой объем (Базовые понятия..., 2012).

Прочностные свойства грунтов — в широком смысле это их способность сопротивляться разрушению. В общем случае разрушение грунта может быть вызвано силами разной природы (механическими, термическими, электрическими, химическими и т.п.), поэтому выделяют соответствующие типы прочности грунтов. В инженерно-геологических целях в первую очередь важно знать механическую прочность грунтов, т.е. их способность сопротивляться разрушению под влиянием механических напряжений (Базовые понятия..., 2012).

Пучение грунтов (морозное пучение) — увеличение объема промерзающих влажных почв и рыхлых горных пород вследствие кристаллизации в них воды (образующей ледяные прослойки, линзы и т.д.) и разуплотнения минеральных частиц (Базовые понятия..., 2012).

Разжижение – переход водонасыщенного дисперсного грунта в текучее (плывунное) состояние под внешним воздействием (статическим, динамическим, фильтрационным). Процесс разжижения включает стадии разрушения структурных связей, течения и последующего уплотнения грунта (ГОСТ 25100-2011).

Растворимость грунтов — их способность образовывать с другими веществами растворы, т.е. гомогенные смеси переменного состава (Базовые понятия..., 2012). В инженерной геологии, прежде всего, важна оценка растворимости грунтов в воде – водорастворимость.

Реологические свойства грунтов (от греч. *rheos* — течение, поток и *logos* — наука, слово; термин «реология» ввел американский физхимик Юджин Бингам (1878–1945) — раздел физико-механических свойств, характеризующих деформирование грунтов во времени при действии на них механических напряжений (Базовые понятия..., 2012).

Степень засоленности грунта D_{sal}, % – отношение массы водорастворимых солей в грунте к массе абсолютно-сухого грунта (ГОСТ 25100-2011).

Степень плотности песков I_D, д.е., определяется по формуле $I_D = (e_{max} - e)/(e_{max}-e_{min})$, где e – коэффициент пористости при искусственном сложении, д.е.; e_{min} – коэффициент пористости в предельно-плотном сложении, д.е.; e_{max} – коэффициент пористости в предельно-рыхлом сложении, д.е. (ГОСТ 25100-2011).

Степень разложения торфа D_{dp}, д. е., – отношение массы бесструктурной (полностью разложившейся) части к общей массе торфа (ГОСТ 10650).

Степень растворимости в воде q_{sr}, г/л, – величина, отражающая способность грунта растворяться в воде при нормальных условиях за счет растворения неорганических и органических веществ, определяемая при соотношения грунта и воды 1:5 и равная концентрации образующегося равновесного раствора (ГОСТ 25100-2011). Условная характеристика, т.к. растворимость веществ принято характеризовать концентрацией насыщенного раствора.

Температура начала замерзания *(Tbf)* – температура, °С, при которой в порах грунта появляется лед (ГОСТ 25100-2011).

Усадочность грунтов — в инженерной геологии физико-химическое свойство грунтов, заключающееся в их способности уменьшать свой объем в процессе обезвоживания (Базовые понятия..., 2012).

Число пластичности Ip, % , определяется по формуле $I_P = w_L - w_P$, где w_L – влажность на границе текучести, % (ГОСТ 5180); w_P – влажность на границе раскатывания, % (ГОСТ 5180).

Электрокинетические свойства грунтов (от «электро» и греч. *kinetikos* — приводящий в движение) — особенности грунтов, обусловленные электрокинетическими явлениями — процессами переноса массы и электричества, возникающими в грунтах за счет наличия в них двойного электрического слоя (ДЭС) (Базовые понятия..., 2012).

Таким образом, проведенный анализ понятийной базы грунтоведения позволяет заключить, что к настоящему времени сформирована основная система собственных грунтоведческих понятий, являющихся важнейшей частью системы научных категорий инженерной геологии.

2.5. Понятийно-терминологическая база инженерной геодинамики

Терминология современной инженерной геодинамики отражена в различных инженерно-геологических справочниках (Справочник..., 1974), инженерно-геологических и терминологических словарях (Терминологический..., 1973; Ломтадзе, 1999), в учебниках (Попов, 1951, 1959; Коломенский, Комаров, 1964; Ломтадзе, 1971; Сергеев, 1978, 1982; Золотарев, 1983; Иванов, Тржцинский, 2001; Королев, 2004; Бондарик и др., 2007), а также в многочисленных монографиях (Бондарик, 1981; Базовые понятия..., 2012) и других публикациях, включая геологические словари и энциклопедии.

Как указывалось выше, в структуру современной инженерной геодинамики входят: 1) общая инженерная геодинамика; 2) региональная инженерная геодинамика; и 3) геодинамическое грунтоведение. При этом разделы 2 и 3 находятся в состоянии пересечения с соответствующими смежными направлениями инженерной геологии. Таким образом, система научных понятий инженерной геодинамики будет объединять в себе три подсистемы понятий этих трёх разделов.

Система основных понятий инженерной геодинамики, построенная в виде логической «пирамиды понятий», показана на рис. 2.14 (Базовые понятия..., 2012). На этой схеме не отражен сектор научных понятий, связанных с геодинамическим грунтоведением, который был охарактеризован выше (см. рис. 2.13).

Инженерная геодинамика также имеет целый ряд собственных, «инженерно-геодинамических» терминов. Среди наиболее важных из них можно отметить такие, как «общая инженерная геодинамика», «региональная инженерная геодинамика», «инженерно-геологический процесс», «инженерно-геологическое явление», «факторы формирования и изменения геологических процессов» и др. Выше уже были рассмотрены термины, касающиеся структуры инженерной геодинамики, её основных разделов. Рассмотрим также некоторые другие термины, поскольку ряд из них также трактуется разными учеными не однозначно.

Ключевыми понятиями инженерной геодинамики являются понятия о геологических и инженерно-геологических процессах и явлениях. Хотя термин 2геологичесакий процесс» является общегеологическим, он широко используется в инженерной геодинамике, но не имеет четкого определения (Геологические.., 1986). Как ни странно, в геологии вообще нет общепринятого определения термина «геологический процесс»: одни авторы трактуют его чрезвычайно широко, называя геологическим процессом любое изменение во времени состава, состояния или свойств геологической формы движения материи (геологического тела, минерала, породы, массива и т.п.); другие же дают более узкую трактовку термина.

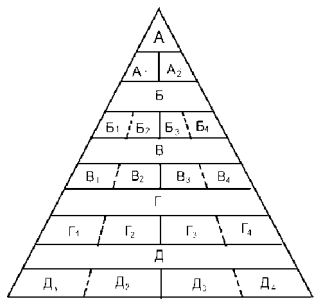


Рис.2.14. Логическая «пирамида понятий» инженерной геодинамики: А – понятия об инженерной геодинамике; $А_1$, $А_2$ – соответственно, понятия об общей и региональной инженерной геодинамике; Б – понятия о геологических и инженерно-геологических процессах и их систематике (классификациях); $Б_1$, $Б_2$, $Б_3$, $Б_4$ – соответственно, понятия о факторах формирования и изменения процессов природных ($Б_1$) и техногенных ($Б_2$), региональных природных ($Б_3$) и региональных техногенных ($Б_4$); В – понятия о показателях (параметрах) динамики процессов; соответственно, природных ($В_1$), техногенных ($В_2$), региональных природных ($В_3$), региональных техногенных ($В_4$); Г – понятия о прогнозировании динамики процессов; соответственно, природных ($Г_1$), техногенных ($Г_2$), региональных природных ($Г_3$), региональных техногенных ($Г_4$); Д – понятия об инженерной защите от неблагоприятных и опасных процессов; соответственно, природных ($Д_1$), техногенных ($Д_2$), региональных природных ($Д_3$), региональных техногенных ($Д_4$)

На наш взгляд щирокая трактовка не имеет четкого научного и логического обоснования: если термин становится расплывчатым, он утрачивает наиболее ценное качество определенности и переходит

в разряд «термина вольного применения». В науке стремятся избавиться от неопределенных, вольных терминов, «засоряющих» понятийный аппарат данной науки.

Узкая трактовка, в отличие от широкой, предполагает более ясное определение понятия «геологический процесс» с использованием более четкого критерия для определения данного понятия, или того, что в логике определения понятий называется «видовым различием» термина (differencia specifica), в основу которого закладываются так называемые существенные признаки данного понятия. Что же считать «существенным признаком» геологического процесса?

Согласно Г.К.Бондарику (1981) экзогенный геологический процесс – это «движение приповерхностной литосистемы в физическом времени, обусловленное её взаимодействием с внешними сферами или между компонентами литосистемы». При этом инженерно-геологические процессы проявляются на контакте взаимодействия литосферы с «искусственной сферой». С таким определением экзогенного геологического процесса трудно согласиться по ряду причин. Во-первых, такое определение очень широко, расплывчато, под него подпадает любой процесс, протекающий в пределах верхних горизонтов литосферы, в том числе процессы минералообразования, фильтрации подземных вод и т.п., которые вряд ли можно относить к экзогенным геологическим процессам. Во-вторых, при выделении инженерно-геологических процессов автор не поясняет понятие «искусственная сфера». Если под искусственной сферой понимать техносферу, то литосфера может взаимодействовать отнюдь не со всей техносферой. Например, водный транспорт, воздушный транспорт, наконец, космические объекты – все они относятся к техносфере или искусственной сфере, но они не могут взаимодействовать с литосферой и, следовательно, вызывать инженерно-геологические процессы.

Приводимая в учебнике (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007) «схема отношений природных сред» (рис. 2.2 на стр.16), иллюстрирующая понятие «экзогенный геологический процесс», так же не выдерживает критики, т.к. на ней обозначена ноосфера как природная сфера, а не как среда, создаваемая человеком. Далее противоречие: на стр. 17 авторы пишут, что «На этом же рисунке отражено положение инженерно-геологических процессов. Это экзогенные геологические процессы, развивающиеся на контакте литосферы и искусственной сферы. Искусственная сфера является компонентом природной». Последняя фраза вообще абсурдна: как искусственная сфера может быть компонентом природной? К тому же на цитируемом рисунке показаны лишь природные сферы (на что указывает название рисунка), а искусственная сфера на нём вообще не обозначена.

В отличие от ЭГП под его проявлением (явлением) Г.К.Бондарик и др. (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007) понимают «состояние литосистемы в некоторый фиксированный момент времени» (рис.2.15).

Исходя из этого анализа, дадим следующее определение термина «геологический процесс»: геологический процесс – это последовательная, закономерная смена состояний геологических тел различного иерархического уровня организации или обусловленных этой сменой соответствующих геологических явлений.

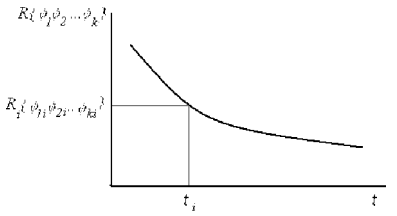


Рис. 2.15. Процесс как функция состояния литосистемы во времени (t) и проявление процесса на момент t_i; здесь $R\{\varphi_1\varphi_2...\varphi_k\}$ – состояние литосистемы (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007)

В такой редакции четко выделены следующие позиции:

1) в качестве объекта проявления геологических процессов выступают геологические тела разного масштаба. Это исключает поливариативность в понимании данного объекта, поскольку указанные тела слагают все существующие геосистемы: литосферу, земную кору, геологическую среду и др.;

2) в определении отражена динамика процесса, т.к. любая смена состояния или изменение чего-либо есть движение в широком смысле слова;

3) определение учитывает не тождественность понятий «геологический процесс» и «геологическое явление», которые нередко используются как синонимы.

Инженерно-геологический процесс – термин был введен Г.Н.Каменским в 1936 г. и с тех пор он прочно вошел в инженерно-геологическую литературу. Под инженерно-геологическими процессами он понимал геологические процессы, вновь возникшие или существующие, но измененные под влиянием техногенных факторов.

Ф.В.Котлов писал, что: «инженерно-геологические процессы и явления представляют собой самостоятельную генетическую категорию в систематике современных геологических процессов и явлений. К ним относятся те из них, которые протекают в земной коре и вызываются инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Точнее их следовало бы называть антропогенными геологическими процессами и явлениями, поскольку они обусловлены не только инженерной, но и другими видами деятельности человека (сельскохозяйственной и др.)» (Котлов, 1970).

В.Д.Ломтадзе (1999) под инженерно-геологическими процессами понимал «геологические процессы, возникающие в связи со строительством сооружений или при выполнении инженерных работ». Он считал этот термин лишним, предлагая его заменить на термин «техногенный процесс». Ясно, что

и в определении В.Д.Ломтадзе, и в предлагаемой замене содержатся неточности, т.к. инженерно-геологические процессы могут возникать не только в результате строительства или «инженерных работ», а «техногенные процессы» могут быть не только геологическими.

В трактовке Е.М. Сергеева (1982), инженерно-геологические процессы – это процессы, возникщие в результате взаимодействия инженерных сооружений с геологической средой.

Инженерно-геологический процесс – современный геологический процесс, сформировавщийся в массиве грунтов под воздействием инженерно-строительной или хозяйственной деятельности человека (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическое явление – внешнее (материальное) проявление в данный момент времени соответствующего инженерно-геологического процесса.

Согласно иной трактовке, «инженерно-геологические явления – изменения или результаты изменений природных инженерно-геологических условий территории, связанные с проведением строительно-технических мероприятий или эксплуатацией сооружений» (Терминологический..., 1973).

Большинство определений конкретных геологических и инженерно-геологических процессов, применяемых в инженерной геологии, совпадает с общегеологическими определениями и потому здесь не приводится, т.к. эти термины не являются в инженерной геологии собственными.

Переработка берегов водохранилищ — инженерно-геологический процесс разрушения и перемещения берега водохранилища в сторону склоновых частей долины (Базовые понятия..., 2012).

Подработка территории — подземная выемка полезных ископаемых и других горных пород, оказывающая воздействие на состояние земной поверхности, геологических тел и промышленных объектов, расположенных как на поверхности, так и в недрах (Базовые понятия..., 2012).

Подтопление — повышение уровня грунтовых вод до критических значений (до 1,5 м от поверхности), требующее применения защитных мероприятий.

Важнейщим достижением теории инженерной геодинамики и её понятийной базы является разработка и обоснование общих классификаций геологических и инженерно-геологических процессов.

Не вызывает сомнения, что геологические процессы можно подразделять на эндогенные и экзогенные. Ещё М.В.Ломоносов писал: «Двумя образы обнажает натура недро земное: иное усиливанием тел, вне оного обращающихся, иное движением самих его внутренностей. Внешние действия суть сильные ветры, дожди, течение рек, волны морские, льды, пожары в лесах, потопы; внутренние – одно землетрясение» (Ломоносов, 1763, §77).

Согласно Ф.В.Котлову (1970) классифицирование инженерно-геологических процессов и явлений началось с 1951 г. Имеются классификации В. А. Приклонского (1951), Л. Д. Белого (1957), Ф. Б. Котлов а (1959, 1962, 1967, 1968), Н. Я. Денисова (1957, 1960), П. Н. Панюкова (1956, 1962) и др. В них были отражены разные подходы и аспекты систематизации инженерно-геологических процессов и явлений.

Классификация процессов Ф.П.Саваренского. Одной из первых инженерно-геологических классификаций была разработанная в 1937 г. классификация геологических процессов Ф.П.Саваренского (1937). В ней выделялись основные причины процессов, включая инженерную деятельность человека, и вызванные ими процессы и явления, названные «категориями». В 1965 г. Н.В.Коломенский и И.С.Комаров, взяв за основу классификацию Ф.П.Саваренского (1937), дополнили и переработали ее. Близкую по смыслу форму имеет и классификация геологических и техногенно-геологических процессов В.Д. Ломтадзе (1999).

Классификацин процессов Н.И.Нколаева – опубликованы в 1947[1] и в 1948[2] гг., охватывают физико-геологические процессы и явления, имеющие инженерное значение.

Классификация явлений, вызванных инженерно-хозяйственной деятельностью **В.А.Приклонского** – опубликована в 1951 г., в ней выделяется три вертикальных зоны с характерным набором явлений.

Классификация процессов И.В.Попова. В классификации И.В.Попова (1951) приводилось сопоставление экзогенных геологических процессов с инженерно-геологическими. Вариант, опубликованный в 1959 г., построен на основе выделения ведущих природных факторов развития процессов и генетического подхода, предложенного А.В.Павловым и Ф.П.Саваренским.

Классификация процессов П.Н.Панюкова – опубликована в 1962 г. и составлена в развитие его более ранней классификации (1952). В ней помимо выделения групп и подгрупп процессов ранжированы процессы денудационные и аккумулятивные.

Классификация процессов Ф.В.Котлова. Сгласно Ф.В.Котлову (1970) современные геологические процессы и явления по степени влияния на них инженерно-хозяйственной деятельности человека разделяются на три категории. «1. Процессы и явления, не испытывающие влияния деятельности человека. К ним относятся эндогенные геологические процессы и явления (вулканизм, землетрясения, эпейрогенические движения, глубинный метаморфизм и др.), часть эндолитогенных (диффузионное, фильтрационное выщелачивание, осмотическое сжатие, набухание, просадки и др.) и экзогенные геологические процессы и явления, действующие вне техносферы. 2. Процессы и явления, количественно и качественно измененные деятельностью человека. В эту категорию входят многие природные экзогенные и эндолитогенные процессы и явления, в той или иной степени трансформированные (усиленные или ослабленные) в результате деятельности человека (выветривание, осадкообразование,

[1] Николаев Н.И. Опыт построения классификации физико-геологических процессов и явлений, имеющих инженерное значение. – Вопросы географии, 1947, вып.4.

[2] Николаев Н.И. Опыт построения генетической классификации экзогенных физико-геологических процессов. – Тр. Комисс. по изучению четвертичн. периода. 1948, вып.1.

эрозия, абразия, оползни, сели, карст, заболачивание, пучение, суффозия и др.). 3. Процессы и явления, полностью вызванные деятельностью человека. Решающая роль в их формировании принадлежит инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Разделение геологических процессов и явлений на эти три категории вызвано тем, что они различаются по условиям формирования, развития и проявления. Существует сложная система взаимосвязей между тремя категориями процессов и явлений, раскрытие которых и представляет задачу инженерной геодинамики» (Котлов, 1970).

В 1967 г. Ф.В. Котловым была опубликована общая, генетическая в своей основе, классификация инженерно-геологических процессов и явлений с выделением трех таксонов: класс, тип и вид. Классы объединяют совокупности генетических комплексов инженерно-геологических процессов и явлений, отражающие главные направления антропогенных изменений литосферы, подземной и поверхностной гидросфер. Типы объединяют процессы и явления, выделенные в генетические комплексы по характеру изменения грунтов, подземных и поверхностных вод. Виды представляют сами процессы и явления. В классификации указаны антропогенные факторы, формирующие процессы и явления (Котлов, 1967).

Им было выделено шесть следующих классов инженерно-геологических процессов и явлений:

1. антропогенный литогенез (образование субаэральных, субаквальных и субтерральных антропогенных отложений);
2. процессы и явления, вызванные изменением состава грунтов;
3. процессы и явления, вызванные изменением термического режима грунтов;
4. процессы и явления, вызванные изменением режима подземной гидросферы, обводненности и влажности грунтов;
5. процессы и явления, вызванные изменением напряженного со-нщ массива грунтов;
6. процессы и явления, вызванные изменением поверхностной гидросферы.

Классификация процессов Л.Д.Белого и И.В.Попова. Эта классификация была опубликована в 1975 г. и была составлена для целей инженерной геологии. В классификации четко разделялись процессы и явления. Она была построена по генетическому принципу и в ней учитывались как природные геологические процессы, так и антропогенные – инженерно-геологические.

Классификация процессов А.И.Шеко – одна из них разработана в 1976[1] г. с учетом оценки интенсивности и активности развития процессов. В 1980 г. была опубликована общая генетическая классификация экзогенных геологических процессов А.И.Шеко с выделением групп, классов, типов и видов ЭГП, которая позже им была дополнена и переработана (Шеко, 1994; Шеко и др., 1999). В ней были указаны (за исключением последнего VII-го класса) только природные геологические процессы, однако всем им соответствуют и техногенные аналоги – инженерно-геологические процессы того же класса, типа или вида.

Классификация процессов В.Д.Ломтадзе – разработана в 1977 г. и развивает схему Ф.П.Саваренского и И.В.Попова, т.е. построена по ведущим факторам.

Классификация процессов Е.М.Сергеева. Общая классификация процессов в инженерной геологии Е.М.Сергеева (1978, 1982) была построена по иному принципу. Поскольку развитие тех или иных процессов в первую очередь зависит от типа массива горных пород, то в ней, прежде всего, выделялись четыре категории массивов от высокопрочных до слабо-прочных, а в пределах каждого из них указывались соответствующие процессы, приуроченные к данному типу массива.

Классификация процессов Г.С.Золотарева. Наиболее подробная общая классификация геологических и инженерно-геологических процессов была разработана в 1979 г. Г.С.Золотаревым и приведена в его учебнике (1983). Как и предыдущие классификации она была построена по генетическому принципу, в ней выделяются группы действующих факторов, определяющих соответствующие типы геологических или инженерно-геологических процессов. Кроме того, в классификации учтены различные количественные показатели процессов, использующиеся при инженерно-геологических исследованиях.

Классификация процессов Г.К.Бондарика. В 1981 г. была разработана общая классификация экзогенных геологических процессов К.Г.Бондариком. В ней в качестве делящих признаков им были выбраны следующие характеристики: первичные и вторичные ЭГП; внешняя сфера, при взаимодействии с которой литосферы реализуется данный ЭГП; характер взаимодействия по отношению к литосистеме (динамическое, функциональное), пространству (распределенное, сосредоточенное), времени (импульсное, квазипериодическое, непрерывное). Всего им было выделено семь наборов признаков-оснований (Бондарик, 1981; Бондарик, Пендин, Ярг, 2007; Бондарик, Ярг, 2015).

Классификация процессов Л.Д.Белого – опубликована в 1985 г. с выделением широкого перечня различных процессов по их механизму образования.

Классификация процессов Н.С.Красиловой – разработана в 1999 г. с учетом инженерно-геологических и эколого-геологических аспектов.

Классификация процессов В.Л.Познанина – разработана в 2003 г. как глобальная для экзогенных процессов сущи.

Классификация процессов С.В.Квашука – региональная генетическая классификация ЭГП, влияющих на безопасную работу региональной сети железных дорог для региона Приамурья (Квашук, 2004)[2].

Систематизация экзогенных геологических процессов в криолитозоне была разработана Л.С.Гарагуля и др. (2000).

[1] Шеко А.И. Классификация современных геологических процессов, интенсивность и активность их. – В сб.: совр. геол. процессы на Черном. побережье СССР. – М., Недра, 1976, с. 14-21.

[2] Квашук С.В. Геодинамика Приамурья и проблемы функционирования сети железных дорог. / Автореф. дисс. ....докт. г.-м.наук. – Хабаровск, 2004.

Таким образом, к настоящему времени разработано множество общих классификаций процессов для целей инженерной геологии. Однако практически все они, наряду с положительным методологическим значением, имеют те или иные недостатки, не раз отмеченные в литературе. В итоге можно констатировать, что до сих пор в инженерной геодинамике нет общепринятой инженерно-геологической классификации процессов, которая была бы принята большинством инженерно-геологического сообщества и была бы максимально лишена недостатков, имеющихся у её предшественниц.

Факторы формирования геологического или инженерно-геологического процесса – причины, вызывающие возникновение и дальнейшую динамику (развитие, эволюцию) геологического или инженерно-геологического процесса, определяющие его характер и специфические черты.

Напомним, что под фактором понимают причину, движущую силу какого-либо процесса или явления, определяющую его характер или отдельные черты (Добреньков, Осипова, 2009). Исходя из этого, выявление факторов формирования геологического или инженерно-геологического процесса является важнейшей функцией инженерной геодинамики. При этом отметим, что к указанным факторам относятся лишь те причины, которые вызывают возникновение и развитие данного процесса, влияют на его характер и специфические черты.

Важную группу составляют термины и понятия об инженерно-геологических массивах и их состоянии, широко используемые в инженерной геодинамике. К ним относятся следующие.

Область (зона) влияния – область, на которую распространяется воздействие определенного сооружения или явления (например, водохранилища, водозабора, горной выработки и т.п.) (Терминологический..., 1973).

Зона влияния сооружений и горных выработок также определяется как часть земной коры, непосредственно примыкающая к сооружению или горной выработке, в объеме которой происходят существенные изменения состояния и свойств грунтов, обусловленные строительством или эксплуатацией объекта (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологические зоны и горизонты кор выветривания — вертикальные участки коры выветривания, отличающиеся составом, строением и свойствами (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологический массив — часть земной коры, находящаяся в сфере инженерного воздействия, обладающая инженерно-геологическими особенностями, отличными от соседних участков, и исследуемая с целью производства инженерных работ и эксплуатации инженерных сооружений (Базовые понятия..., 2012).

Напряженно-деформированное состоянне массива пород – пространственные особенности поля напряжений и вызванных ими деформаций в массиве (Базовые понятия..., 2012).

Не менее важную группу составляют понятия и термины об управлении состоянием массивов горных пород. Наиболее важные из них следующие.

Инженерная защита территорий, зданнй и сооруженнй — это комплекс инженерных сооружений и мероприятий, направленный на предотвращение отрицательного воздействия опасных геологических, экологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также на защиту от их последствий (СНиП 22-02-2003).

Управленне геологическнмн процессами — воздействие человека на геологическую среду, в результате которого происходят изменения, приводящие к целенаправленному развитию современных геологических процессов (Базовые понятия..., 2012). Включает в себя комплекс различных методов и мероприятий инженерной защиты территорий, технической мелиорации пород и т.п. Г.К.Бондарик это направление исследований предложил назвать геокибернетикой.

Армирование грунтовых массивов — усиление грунтовых массивов другим материалом (Базовые понятия..., 2012).

Битумизация грунтов — способ закрепления грунтов, основанный на использовании битумов (Базовые понятия..., 2012).

Закрепление грунтов — группа методов технической мелиорации грунтов, направленных на обеспечение фиксированного положения объема грунта в условиях его естественного залегания путем искусственного преобразования (физико-химическими методами) (Базовые понятия..., 2012).

Силикатизацня грунтов — химический способ искусственного закрепления грунтов в строительных целях (например, для увеличения несущей способности песков, для предотвращения просадок лессов и для придания водонепроницаемости пескам, супесям и лессам) посредством силикатных растворов, нагнетаемых (инъектируемых) в грунт (Базовые понятия..., 2012).

Уплотнение грунтов — искусственное преобразование свойств грунтов в строительных целях без коренного изменения их физико-химического состояния; представляет собой процесс взаимного перемещения частиц грунта, в результате которого увеличивается число контактов между ними в единице объема вследствие их перераспределения под действием прилагаемых к грунту механических усилий (Базовые понятия..., 2012).

Цементацня грунтов — группа методов технической мелиорации, основанная на введении в грунт гидравлических вяжущих.

2.6. Понятийно-терминологическая база региональной инженерной геологии

Собственная терминология региональной инженерной геологии охарактеризована в различных инженерно-геологических справочниках (Справочник..., 1974), инженерно-геологических и терминологических словарях (Терминологический..., 1973; Ломтадзе, 1999), в учебниках (Попов, 1959), а также в многочисленных монографиях (Трофимов, Аверкина, 2007) и иных публикациях, включая геологические словари и энциклопедии.

Как указывалось выше, в структуру современной региональной инженерной геологии входят: 1) общая региональная инженерная геология; 2) региональная инженерная геодинамика; и 3) региональное грунтоведение. При этом разделы 2 и 3 находятся в состоянии пересечения с соответствующими смежными направлениями инженерной геологии. Таким образом, система научных понятий региональной инженерной геологии будет объединять в себе три подсистемы понятий этих трёх разделов.

Система основных собственных понятий региональной инженерной геологии, построенная в виде логической «пирамиды понятий», показана на рис. 2.16 (Базовые понятия..., 2012). На этой схеме не отражены секторы научных понятий, связанных с региональным грунтоведением, который был охарактеризован выше (см. рис. 2.13), а также понятий, связанных с региональной инженерной геодинамикой, который также был охарактеризован выше (см. рис. 2.14).

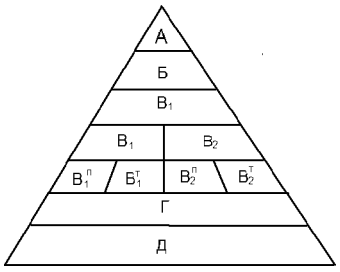


Рис.2.16. Логическая «пирамида понятий» региональной инженерной геологии: А – понятия об общей региональной инженерной геологии; Б – понятия об инженерно-геологических условиях территорий и их систематике; В – понятия о факторах формирования и изменения инженерно-геологических условий; соответственно, региональных ($В_1$) и зональных ($В_2$), природных (верхний индекс «п») и техногенных (верхний индекс «т»); Г – понятия о типизации инженерно-геологических условий и её терминологии; Д. – понятия о инженерно-геологическом районировании и его терминология

Региональная инженерная геология также как и два предыдущих направления, имеет широкий ряд собственных, или специальных инженерно-геологических терминов. К основным из них можно отнести такие термины как «инженерно-геологические условия», «факторы инженерно-геологических условий», «инженерно-геологическое районирование» и др. Ниже приводятся определения этих основных терминов.

Важнейшую теоретическую, методологическую и понятийную функцию выполняют классификации объектов региональной инженерной геологии. К настоящему времени разработаны методы их построения, выявлены их специфические особенности (Бондарик, 1981; Трофимов, Аверкина, 2007). Это является важным теоретическим достижением региональной инженерной геологии. Классифицирование объектов региональной инженерной геологии также обеспечивает развитие её теоретической и категориальной базы.

В области региональной инженерной геологии основные достижения в классифицировании были связаны, прежде всего, с созданием инженерно-геологических карт. Одной из первых таких классификаций была схема инженерно-геологической классификации пород на картах, разработанная И.В.Поповым в 1947 г. и позже модифицированная им же в 1959 г. (Попов, 1959).

Г.И.Голодковской и И.В.Поповым были разработаны классификация литологических типов осадочных формаций применительно к задачам инженерной геологии, а также классификация магматических формаций также применительно к задачам инженерной геологии (Голодковская, Попов, 1978).

Значительное внимание вопросам систематизации и классифицирования объектов региональной инженерной геологии уделяет Г.К.Бондарик. В этой связи им были разработаны система таксономических единиц геологических тел, выделяемых при инженерно-геологических исследованиях (от формаций до монопородных геологических тел разного уровня), а также классификация инженерно-геологических тел (Бондарик, 1981). В последней им выделяется пять таксонов разного уровня: инженерно-геологический элемент (низший уровень), расчетный элемент, зона сферы взаимодействия сооружения, сфера взаимодействия сооружения и геологической среды, область взаимодействия комплекса сооружений с геологической средой.

В 1985 г. классификация инженерно-геологических типов территорий разного уровня в пределах материков была предложена С.Б.Ершовой (Ершова, 1985). Она же разработала и классификацию геоструктурных единиц для выделения инженерно-геологических типов территорий разных уровней, а также классификацию зонально-геологических единиц для выделения инженерно-геологических типов территорий разных уровней (Ершова, 1985).

Наряду с этим были разработаны подходы к классифицированию грунтовых толщ при региональных исследованиях (Фадеев, 1963; Сергеев, Герасимова, Трофимов, 1972; Трофимов, Фирсов, 1988).

Наконец, в последнее время В.Т.Трофимов и Т.И.Аверкина предложили классификацию инженерно-геологических структур Земли (Трофимов, Аверкина, 2007).

Таким образом, к настоящему времени разработаны основные классификации объектов региональной инженерной геологии, что, несомненно, является

одним из важнейших её теоретических достижений. Большинство из этих классификаций использовалось при составлении инженерно-геологических карт различных типов (карты инженерно-геологических условий, районирования, прогнозные и измененности инженерно-геологических условий).

Инженерно-геологические условия (ИГУ) – комплекс современных геологических особенностей (параметров, факторов), определяющих условия инженерных изысканий, строительства и эксплуатации инженерных сооружений (узкий подход), или условия инженерно-хозяйственной деятельности человека в целом (широкий подход) (Трофимов, 2002).

В разработку этого понятия внесли вклад И.В.Попов (1959), Н.В.Коломенский (1964), И.С.Комаров (1966), Г.С.Золотарев (1970, 1983), А.А.Маккавеев (1971), В.Т.Трофимов (1977, 2002), В.Д.Ломтадзе (1978), Г.К.Бондарик (1981, 1986), Е.М.Сергеев (1982), М.С.Захаров (1984), В.В.Пендин (2009) и др.

Согласно иному определению, «инженерно-геологические условия – совокупность природных факторов, существенных для оценки территории с точки зрения строительно-технических мероприятий или регионального планирования; в первую очередь состав, свойства и условия залегания пород, гидрогеологические факторы и развитие экзодинамических геологических явлений» (Терминологический..., 1973).

Обстоятельный анализ понятия ИГУ с позиций системного подхода был дан В.В.Пендиным (2009). Он рассматривает ИГУ как «систему, под которой нами понимается формализованная, сознательно создаваемая, обладающая эмерджентными свойствами модельная конструкция, компонентами которой являются взаимосвязанные и взаимообусловленные сведения о структуре и свойствах литосферы, изменяющиеся при взаимодействии с окружающей средой (в том числе при искусственных взаимодействиях)»[1]. Такую систему вслед за Г.К.Бондариком он называет инженерно-геологической.

Компоненты инженерно-геологических условий – составляющие, определяющие комплекс инженерно-геологических условий: 1) геологическое строение местности и характер слагающих ее пород; 2) рельеф; 3) гидрогеологические условия; 4) мерзлотные условия; 5) современные геологические процессы (Трофимов, Аверкина, 2007).

Более полная характеристика компонентов ИГУ была дана В.В.Пендиным (2009). Все компоненты ИГУ наряду с качественной характеристикой могут быть представлены в численной форме, т.е. могут быть охарактеризованы количественно. Методика комплексной количественной оценки ИГУ разработана В.В.Пендиным (2009). Критерии значимости того или иного компонента в комплексной оценке ИГУ формируются целевым назначением исследований.

[1] Пендин В.В., Миронов Н.А. Анализ и синтез при региональных инженерно-геологических исследованиях. – Инж. геология, 1985, 34, с. 76-83.

Факторы инженерно-геологических условий – *современные*, морфологически выраженные геологические особенности территорий, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека (Трофимов, Аверкина, 2007). Согласно этим авторам данное понятие является синонимом «компонентов инженерно-геологических условий».

Факторы формирования инженерно-геологических условий – это эндогенно и экзогенно обусловленные особенности развития территории, которые являются причиной, создавшей наблюдаемые в настоящее время сочетания инженерно-геологических факторов-параметров (Трофимов, Аверкина, 2007).

Факторы формирования инженерно-геологических условий делятся на три группы. К первой относятся преимущественно эндогенные по своей природе региональные геологические факторы. Вторую группу составляют экзогенные по природе зональные факторы, которые иногда называют зональными географическими, что в данном случае правомерно. Последняя, третья, группа включает техногенные факторы формирования, а точнее, факторы изменения естественно сформированных инженерно-геологических условий (Трофимов, Аверкина, 2007).

Факторы изменения инженерно-геологических условий – техногенные воздействия, обусловленные особенностями инженерно-хозяйственного освоения территории, определяющие трансформацию естественно-сформированных инженерно-геологических условий.

Региональные геологические факторы формирования инженерно-геологических условий – это совокупность геологических процессов, реализованных в ходе геологической истории территории, и ее современное тектоническое развитие (Трофимов, Аверкина, 2007).

Зональные факторы формирования инженерно-геологических условий – это экзогенно обусловленные, климатические особенности территории, прежде всего, теплообеспеченность, увлажненность и их соотношение (Трофимов, Аверкина, 2007). В свою очередь эти факторы определяют зональность инженерно-геологических условий территорий.

Инженерно-геологическая зональность — глобальный тип изменения инженерно-геологических условий континентов Земли, выражающийся в их закономерной горизонтальной (широтной) и вертикальной (высотной) трансформации (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологические структуры – закономерно организованные объемы или части литосферы, сформированные под влиянием определенных региональных и зональных геологических факторов и однородные по каким-либо (в принципе заранее определенным) инженерно-геологическим параметрам (Трофимов, Аверкина, 1996). При этом авторы выделяют их следующий иерархический ряд: инженерно-геологическая суперструктура, инженерно-геологическая мегаструктура, инженерно-геологическая макроструктура, инженерно-геологическая мезоструктура.

Инженерно-геологическая зона – крупная часть инженерно-геологического региона или провинции, в пределах которой современное состояние пород в разрезе грунтовой толщи, обусловленное главным образом особенностями фазового состояния воды в них, с инженерно-геологических позиций однотипно и регионально выдержано (Трофимов, 1979). Понятие введено В.Т.Трофимовым в 1974 г. для отражения зонального характера изменения инженерно-геологических условий и учета его при инженерно-геологическом районировании и позже уточнено им же (Трофимов, 1974).

Среди инженерно-геологических зон выделяется три типа: 1) зона практически сплошного распространения многолетнемерзлых пород; 2) зона совместного распространения многолетнемерзлых и талых пород и 3) зона распространения талых и немерзлых пород (Трофимов, Аверкина, 2007). В пределах типов выделяются отдельные виды зон.

Инженерно-геологическая провинция — крупная часть региона, в пределах которой развиты породы определенного инженерно-геологического класса или определенного по строению сочетания пород разных классов и отличающаяся поэтому от смежных частей всем комплексом инженерно-геологических условий (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологический регион – таксономическая единица инженерно-геологического районирования территории высшего порядка, выделяемая по геоструктурным признакам (Терминологический..., 1973). Инженерно-геологический регион (регион по И.В.Попову) — часть литосферы, однородная по инженерно-геологическим параметрам, обусловленным структурно-тектоническими особенностями (Базовые поняти.., 2012)

Инженерно-геологическая область – таксономическая единица инженерно-геологического районирования территории, выделяемая внутри инженерно-геологического региона по геоморфологическим признакам (макрорельефу) (Терминологический..., 1973). Инженерно-геологическая область (область по И.В.Попову) — часть инженерно-геологического региона (по И.В. Попову) или зоны (по В.Т. Трофимову), однородная по геоморфологическим условиям (Базовые понятия.., 2012)

Инженерно-геологический район – таксономическая единица инженерно-геологического районирования территории, выделяемая внутри инженерно-геологической области по определенным сочетаниям петрографических типов пород одинакового генезиса (Терминологический..., 1973). Инженерно-геологический район (район по И.В.Попову) — часть инженерно-геологической области, однородная по литолого-генетическому составу пород (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологический подрайон – таксономическая единица инженерно-геологического районирования территории, выделяемая внутри инженерно-геологического района в зависимости от последовательности чередования слоев пород (Терминологический..., 1973). Инженерно- геологический подрайон (подрайон по И.В.Попову) — часть инженерно-геологического района, однородная по гидрогеологическим условиям верхней части разреза (Базовые понятия..., 2012)

Инженерно-геологический участок – таксономическая единица инженерно-геологического районирования территории, выделяемая внутри подрайона или района по сходству гидрогеологических условий или развития экзодинамических геологических процессов (Терминологический..., 1973). Инженерно-геологический участок (участок по И.В.Попову) — часть инженерно-геологического района или подрайона, однородная по проявлению экзогенных геологических процессов (Базовые понятия..., 2012)

Инженерно-геологический элемент – однородная в генетико-возрастном (а) и литолого-петрографическом (б) отношениях часть разреза (линза, пласт, шток, зона разлома и пр.), в пределах которой изменения рассматриваемого показателя состава, строения и свойств грунтов носят случайный характер либо наблюдающейся закономерностью можно пренебречь (в) (Базовые понятия..., 2012). Термин и понятие введены и обоснованы Н.В.Коломенским.

Инженерно-геологическая формация – *п*олипородное многокомпонентное геологическое тело, включающее взаимодействующие твердую, жидкую и газообразную составляющие, а) объединяющее парагенетически связанные геологические тела меньшего объема, сформировавшиеся в определенной тектонической и климатической обстановках; б) претерпевшие впоследствии в ходе геологической истории воздействие одних и тех же геологических процессов; в) находящиеся в настоящее время в однотипном и регионально выдержанном состоянии, обусловленном фазовым состоянием и количеством жидкого компонента в нем (Базовые понятия..., 2012).

Изоморфизм инженерно-геологических условий – тождественность структур некоторых объемов литосферы и взаимно однозначное соответствие их свойств (компонентов инженерно-геологических условий) (Пендин, 1988). Понятие введено В.В.Пендиным в 1988 г., и, наряду с нижеследующим, используется при составлении и обосновании прогнозов развития ЭГП методами аналогий.

Изомерность инженерно-геологических условий – равнозначность структур некоторых объемов литосферы и их свойств в заданном отношении (Пендин, 1988). Изомерность ИГУ предполагает, что имеющие одинаковую в заданном отношении оценку объемы литосферы могут существенно различаться по отдельным компонентам ИГУ (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007). Понятие введено В.В.Пендиным в 1988 г., и, наряду с предыдущим, используется при составлении и обосновании прогнозов развития ЭГП методами аналогий.

2.7. Методические понятия и категории инженерной геологии

Не менее важное значение в понятийно-категориальной базе инженерной геологии имеет собственная методическая терминология – определение понятий, относящихся к методологическим и методическим категориям (см. табл. 2.1), составляющим понятия специальных методов инженерной геологии, включая все её направления. Сюда же необходимо отнести и различные нормативные понятия инженерной геологии (Базовые понятия..., 2012).

Исходя из структуры научного метода инженерной геологии (Трофимов, Зилинг, 1999), современная инженерная геология использует методическую терминологию (категории) общих методов познания (материалистической диалектики, системного анализа и др.), специальных (как общенаучных, так и общегеологических) методов, частных методов познания (сопредельных и геологических наук) и, наконец, специальных методов инженерной геологии. Последние как раз и составляют базис собственных инженерно-геологических методических категорий. В их состав входят категории инженерно-геологического картирования, опытных лабораторных и полевых инженерно-геологических работ (исследований), инженерно-геологического моделирования, инженерно-геологического прогнозирования, инженерно-геологического мониторинга. Рассмотрим главные из этих категорий подробнее.

Методика инженерно-геологических исследований — прикладной раздел инженерной геологии, рассматривающий вопросы содержания, организации и рациональной последовательности (этапности) инженерно-геологических работ, комплексирования при их проведении частных и комплексных методов получения инженерно-геологической информации, ее накопления, обработки и представления (Базовые понятия..., 2012).

Методика инженерно-геологических исследований включает методику изучения состава, строения, состояния и свойств грунтов и грунтовых толщ, методику изучения современных геологических процессов и методику региональных инженерно-геологических исследований, а также теоретико-методологические положения, определяющие принципы исследований и изысканий, связь последних с этапами проектирования, вопросы комплексирования и др. Ее предметом является система знаний о способах инженерно-геологического изучения верхних горизонтов земной коры. Согласно Г.К.Бондарику (2007) соотношение методики инженерно-геологических исследований с научными направлениями инженерной геологии показано на рис.2.17.

Однако, такая схема логически не верна, поскольку рассматривает научные направления инженерной геологии как скрещивающиеся понятия, а не соподчиненные (как показано на схеме рис. 2.6). Поэтому В.Т.Трофимовым вместо нее были предложены иные варианты, показанные на рис. 2.18 (Трофимов, 1997; Трофимов, Аверкина, 2007).

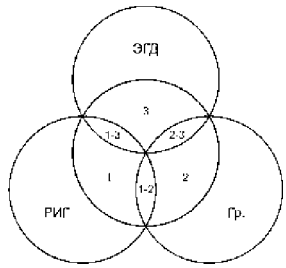


Рис. 2.17. Положение методики инженерно-геологических исследований (заштриховано) относительно других научных направлений инженерной геологии (Бондарик и др., 2007): РИГ — региональная инженерная геология, ЭГД — экзогеодинамика, Гр. — грунтоведение; 1 — методика изучения размещения в пространстве компонентов инженерно-геологических условий и закономерностей их пространственной изменчивости, в т.ч. состава и свойств грунтов (1–2) и проявлений экзогенных геологических процессов (1–3); 2 — методика изучения минерального и гранулометрического состава, структуры и текстуры горных пород и свойств грунтов, в т.ч. методы исследования изменения свойств грунтов в физическом времени (2–3); 3 — методы изучения экзогенных геологических процессов

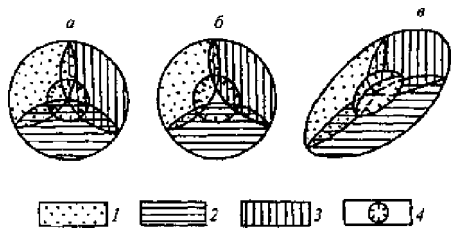


Рис.2.18. Соотношение научных направлений инженерной геологии и методики инженерно-геологических исследований: 1 – грунтоведение; 2 – инженерная геодинамика; 3 – региональная инженерная геология; 4 – методика инженерно-геологических исследований; а–в – пояснения в тексте

Здесь (см. рис.2.18а) методика инженерно-геологических исследований включает в себя методики трех основных направлений инженерной геологии, а с учетом собственных теоретико-методологических положений (принципы изысканий, связь инженерно-геологических работ с этапами проектирования, вопросы комплексирования частных методов и т.п.) эта схема может быть представлена в виде рис.2.18б. Однако, как указывает автор, здесь появляется область, не входящая ни в одно из научных направлений инженерной геологии, что «якобы свидетельствует о наличии четвертого самостоятельного направления в инженерной геологии. Между тем методика таковой не является...» (Трофимов, 1997, с.8). Поэтому, считает автор, более логична схема, показанная на рис.2.18в, хотя и она не снимает все вопросы. Не вызывает сомнений главное – методика инженерно-геологических исследований представляет собой надстройку (или «надстроечную катего-

рию» по Г.К.Бондарику, 1981, с.56) над теоретическим базисом инженерной геологии.

Методика инженерно-геологических исследований в содержательном и структурном планах подразделяется на общую и специальную части. В общей части рассматриваются теоретические положения, лежащие в основе методов и технологий инженерно-геологических работ, совокупность методов и приемов производства, обработки и представления инженерно-геологической информации и технология процесса инженерно-геологических работ безотносительно к конкретному виду строительства. Она содержит три раздела: теоретические основы методики; учение о методах производства, накопления, обработки и представления инженерно-геологической информации; общую технологию инженерно-геологических работ. Специальная часть методики определяет методы и технологию инженерно-геологических работ для конкретных видов строительства (гражданского и промышленного, гидротехнического, дорожного и т.п.) (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологические исследования — комплекс научных и производственных работ, выполняемых с целью получения информации об инженерно-геологических условиях или их компонентах (Базовые понятия..., 2012).

Инженерные изыскания – в России это получение исходных данных в рамках проектно-изыскательских работ; за рубежом – это получение исходных данных в рамках геотехнического проектирования (Черняк, 2010).

Инженерно-геологические изыскания — инженерно-геологические работы производственного (прикладного) характера, выполняемые при проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений; вид инженерно-геологических исследований (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-экологические изыскания – этот термин и состав этих изысканий определяются в СП 11-102-97. Однако в этом документе отсутствует постановка вопроса о необходимости и обязательности изучения современных природных, природно-антропогенных и антропогенных процессов как экологически значимых и показа способов их оценки в процессе инженерно-экологических изысканий (Трофимов, 2010).

Методы инженерно-геологических исследований – комплекс способов (методик, методов) исследований, применяемых при инженерно-геологическом изучении верхних горизонтов земной коры. Они включают в себя методы инженерно-геологического картирования, опытных лабораторных и полевых инженерно-геологических работ (исследований), инженерно-геологического моделирования, инженерно-геологического прогнозирования, инженерно-геологического мониторинга, определения которых даются ниже

Геоинформационная система (ГИС) в инженерной геологии — информационная система, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных инженерно-геологических данных. ГИС включает в себя возможности систем управления базами данных (СУБД), редакторов графики и аналитических средств. В узком смысле ГИС рассматривается как программный продукт или инструмент для обработки информации (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическое картирование – совокупность методов площадного (и объемного) изучения инженерно-геологических условий (Трофимов, Аверкина, 2007).

Согласно другому определению, «инженерно-геологическое картирование – сбор и обработка необходимых полевых данных и архивных материалов, а также составление и оформление инженерно-геологической карты» (Терминологический..., 1973).

Это наиболее распространенный способ получения, обработки и представления информации при региональных исследованиях. Объединяет в себе два принципиально различных метода исследований: 1) инженерно-геологическую съемку; и 2) тематические работы по составлению инженерно-геологических карт.

Инженерно-геологическая карта – комплексное изображение геологических, гидрогеологических, геоморфологических, экзогеодинамических и других факторов, определяющих инженерно-геологические условия строительства (Терминологический..., 1973). Специальный тип тематических геологических карт, представляющих собой графическую модель, отображающую на топографической основе комплекс геологических параметров, взаимодействие которых определяет инженерно-геологические условия, специфику инженерно-хозяйственной деятельности (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическое картирование — прикладной раздел инженерной геологии, рассматривающий методы площадного изучения инженерно-геологических условий и отражения их на карте (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическая съемка – специализированная разновидность геологической съемки, представляющая собой комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ, проводимых для площадного (и объемного) изучения и оценки инженерно-геологических условий территорий. По масштабу инженерно-геологические съемки в соответствие с рекомендациями ВСЕГИНГЕО подразделяются на: 1) мелкомасштабные (1:500 000 и мельче); 2) среднемасштабные (от 1:200 000 до 1:25 000); 3) крупномасштабные (от 1:10 000 и крупнее) (Справочник.., 1974).

Тематические работы по составлению инженерно-геологических карт – метод инженерно-геологического картирования, проводимый без полевых исследований (или использующий их в очень ограниченном объеме) (Трофимов, Аверкина, 2007). Они основываются на различных приемах инженерно-геологического картографирования: схематизации, преобразовании, отображении и интерпрета-

ции пространственной инженерно-геологической информации.

Инженерно-геологический ключевой участок — определенным образом выбранная наименьшая площадь, на которой с достаточной полнотой представлены интересующие исследователя объекты и которая избирается в качестве типичной для проведения комплекса полевых инженерно-геологических работ (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическое опробование – комплекс работ, необходимых для определения инженерно-геологических свойств пород. В него входят: 1) установление системы и мест отбора проб; 2) отбор проб; 3) «консервирование» (предохранение и сохранение проб); 4) подготовка проб к анализу; 5) анализ проб в лабораторных или полевых условиях; 6) обработка данных исследований (Терминологический..., 1973).

Инженерно-геологические показатели — широкий комплекс параметров, используемых в инженерной геологии для характеристики грунтов, их массивов и процессов в них, а также региональных инженерно-геологических особенностей территорий (Базовые понятия..., 2012).

Типы показателей грунтов — в инженерной геологии параметры, используемые для характеристики генезиса, состава, строения и свойств грунтов. Среди них выделяют генетические (историко-геологические) и морфологические показатели (Базовые понятия..., 2012).

Опытные лабораторные и полевые инженерно-геологические работы – комплекс специальных эмпирических лабораторных и полевых методов изучения инженерно-геологических особенностей верхних горизонтов земной коры на образцах грунтов или в грунтовых массивах, соответственно.

Лабораторные методы включают в себя аналитические способы изучения состава, строения, состояния и свойств грунтов, проводимые с помощью аппаратурных средств по определенным методикам (в том числе по ГОСТам). Полевые методы включают в себя различные инструментальные способы изучения состава, строения, состояния и свойств грунтов непосредственно в массивах, а также инструментальные способы изучения параметров геологических и инженерно-геологических процессов. Состав опытных лабораторных и полевых инженерно-геологических работ определяется различными методическими и нормативными документами (СНиПами, СП и т.п.), а их содержание и методика описаны в различной справочно-методической литературе (Справочник..., 1974; Методическое пособие..., 198..)

Инженерно-геологическое прогнозирование – комплекс специализированных методов научного предсказания пространственно-временных изменений природных и природно-технических литосистем и/или их компонентов.

Научно обоснованное предвидение изменений инженерно-геологических условий, происходящих в естественных условиях и под влиянием строительной и хозяйственной деятельности (Базовые понятия..., 2012). Основывается на трёх больших группах методов прогнозирования: 1) природных (геологических) аналогий; 2) физических (физического моделирования) аналогий, и 3) математических аналогий (математического моделирования). В данном случае прогнозирование рассматривается как метод исследований, но под прогнозированием также понимают и сам процесс разработки прогнозов (Шешеня, 1986).

Суть этих методов, их возможности и недостатки изложены в работах Г.К.Бондарика (1972), Л.Б.Розовского и И.П.Зелинского (1975), А.И.Шеко и В.С. Круподерова (Методы..., 1984), Н.Л.Шешени (1986), Ц.Е.Мирцхулавы (1990), К.А.Гулакяна и др. (1992), Г.К.Бондарика, В.В.Пендина и Л.А.Ярг (2007), В.Т.Трофимова и Т.И.Аверкиной (2007) и др. (Методика изучения..., 1988).

Довольно детально понятийная база инженерно-геологического прогнозирования на основе прогностики была разработана Н.Л.Шешеней (1986). Им выделены такие понятия как «объект прогнозирования», «метод прогнозирования», «методика прогнозирования». «прогнозный фон», «период упреждения прогноза», «нормативный прогноз», «интервальный прогноз», «точечный прогноз», «прогнозный вариант», «верификация прогноза», «ошибка прогнозирования», «эпигноз» и многие другие. Большинство этих категорий не являются собственно инженерно-геологическими, а относятся к общенаучным или общепрогностическим, т.е. используемым в рамках прогностики.

Инженерно-геологический прогноз – следует отличать от вышерассмотренного инженерно-геологического прогнозирования. Согласно Н.Л.Шешени, «инженерно-геологический прогноз – это научно обоснованное предсказание места, интенсивности и сроков изменения геологической среды (и её отдельных компонентов) под влиянием хозяйственной и инженерной деятельности человека» (Шешеня, 1986).

На наш взгляд определение данной категории правильнее дать в следующем виде: инженерно-геологический прогноз – это научно обоснованное предсказание места, интенсивности и сроков изменения геологической среды (и её отдельных компонентов) под влиянием природных факторов и инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Инженерно-геологический мониторинг – система наблюдений, оценки, прогноза и управления состоянием природных и природно-технических литосистем (Трофимов, Аверкина, 2007). Это комплексный метод изучения, прогнозирования и управления состоянием различными инженерно-геологическими объектами: природными и природно-техническими литосистемами.

Более точное определение этого понятия можно дать в следующем виде: инженерно-геологический мониторинг – это специализированная система постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления состоянием природных и природно-технических литосистем, проводимая по заранее установленной программе и с инженерно-геологическими

целями. Вообще инженерно-геологический мониторинг является частью (разновидностью) более общего вида мониторинга – мониторинга природных и природно-технических систем (ПТС) или мониторинга окружающей среды (Королев, 2007). Поскольку в рамках одной страны создание отдельных (специализированных) систем мониторинга (в том числе и системы инженерно-геологического мониторинга) не целесообразно по методическим и экономическим соображениям, то инженерно-геологический мониторинг, как самостоятельная система, не имеет будущего. Это же относится и к федеральной системе мониторинга геологических процессов. Но в рамках более общих федеральных систем мониторинга, в том числе в рамках Единой государственной системы экологического мониторинга РФ (ЕГСЭМ РФ), такая подсистема имеет чрезвычайно важное значение.

Литомониторинг (от греч. lithos — камень и англ. monitoring — надзирание, наблюдение) — система постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления верхними горизонтами литосферы (их частью), проводимая по заранее намеченной программе в инженерно-геологических или эколого-геологических целях Термин Л. введен в 80-е гг. XX в. (Базовые понятия..., 2012).

Режимные стационарные наблюдения (от лат. stationarus — стоящий на месте, неподвижный) — в инженерной геологии и экологической геологии проводимые по определенной методике постоянные во времени наземные наблюдения за развитием геологических и (или) инженерно-геологических процессов, состоянием геологических, литотехнических или эколого-геологических систем (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическая экспертиза — исследование экспертами вопросов, решение которых требует специальных познаний и опыта в области инженерной геологии (Базовые понятия..., 2012).

Сейсмическое микрорайонирование территории — метод уточнения сейсмичности (балльности) территории и отдельных ее частей на основе более полного учета их инженерно-геологических условий (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическая оценка природного риска — методика инженерно-геологического анализа риска и опасности проявления природных и техногенно-природных процессов (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическое районирование – это выявление в сложной и многосторонней геологической среде на основе совокупности теоретических и методических приемов системы территориальных элементов, обладающих какими-либо общими инженерно-геологическими признаками, отграничение их от территорий, не обладающих этими признаками, их систематика, картографирование и описание (Трофимов, 1986, с. 13). Данное определение не только формулирует содержание понятия, но и обозначает задачу инженерно-геологического районирования, а также включает краткое описание операций, которые осуществляются в процессе его выполнения.

Согласно иному, более узкому определению, «инженерно-геологическое районирование – последовательное подразделение территории на инженерно-геологические единицы картирования в соответствии с установленной для данного масштаба детальностью» (Терминологический..., 1973).

Принципы инженерно-геологического районирования — логические правила, важнейшие методические положения, которые необходимо соблюдать при выполнении любого типа районирования (Базовые понятия..., 2012).

Признаки инженерно-геологического районирования — выбранные и обоснованные исследователем критерии или показатели разного содержания, на основе которых производятся выявление и ограничение совокупности индивидуальных территориальных элементов при региональном районировании, классификация (типизация) территориальных единиц определенного ранга при типологическом районировании или оценка сложности инженерно-геологических условий при оценочном районировании (Базовые понятия..., 2012).

Типизация инженерно-геологических условий – это выявление и целенаправленное выделение типов (в широком смысле слова) инженерно-геологических условий, свойственных изучаемой территории (Трофимов, 1982).

Геотехническое проектированиие = проектно-изыскательские работы

2.8. Устаревшие и ошибочные термины и понятия инженерной геологии

Несмотря на постоянную работу по инженерно-геологической терминологии, до сих пор в обиходе исследователей и изыскателей, в публикациях и отчетах периодически появляются ошибочные термины, или используются устаревшие термины и понятия, отмена или замена которых давно была обоснована. Правильное употребление терминов и обоснованная терминология – залог успешного развития науки.

В этой связи мы сочли необходимым еще раз обратить внимание на устаревшие и ошибочные понятия и термины инженерной геологии, которые должны быть исключены из употребления. Ниже приводятся эти термины.

В области грунтоведения к ним относятся следующие.

Вещества-диспергаторы и катионы-диспергаторы – ошибочные термины, применяемые для описания распада агрегатов при их обработке ими (например, при проведении гранулометрического анализа). Вместо них надо использовать словосочетания: «вещества-дезагрегаторы» и «катионы-дезагрегаторы», т.к. диспергация – процесс дробления, измельчения, а дезагрегация – процесс распада агрегатов.

Механические свойства – ошибочный и устаревший термин, вместо него надо употреблять «физико-механические свойства».

Механический состав грунта – устаревший термин, вместо него следует употреблять «гранулометрический состав грунта».

Зерновой состав грунтов – то же, что и гранулометрический состав; устаревший термин.

Порозность – устаревший термин, вместо него следует употреблять «пористость».

Почвогрунт – ошибочный термин, пришедший из почвоведения, такого грунта не существует, а почва в грунтоведении – разновидность грунта, поэтому, например, словосочетание «почвы и грунты» не верно.

Прочно-связанная вода – устаревший термин, употреблявшийся для обозначения воды, наиболее прочно удерживаемой грунтом; вместо него необходимо употреблять «адсорбированная вода», которая относится к связанной воде (Грунтоведение, 2005).

Рыхло-связанная вода – устаревший термин, употреблявшийся для обозначения капиллярной и осмотической воды; вместо него необходимо употреблять «вода переходного состояния (от связанной к свободной)» (Грунтоведение, 2005).

Скважность – то же что открытая пористость или пустотность почв и горных пород, обусловленная сообщающимися порами, трещинами, каналами и т.п. Термин, используемый в почвоведении, в инженерной геологии вместо него используется «открытая пористость».

В области инженерной геодинамики **к ошибочным и устаревшим терминам и понятиям** относятся следующие.

Геотехнический мониторинг – ошибочный термин, пришедший в инженерную геологию из геотехники, означающий то же самое, что и «мониторинг литотехнических систем».

Карстово-суффозионный процесс – ошибочный термин, такого процесса нет; существуют два разных самостоятельных процесса – карстовый и суффозионный, которые могут развиваться параллельно или накладываясь один на другой.

В области региональной инженерной геологии **к ошибочным и устаревшим терминам и понятиям относятся** следующие.

ГИС – аббревиатура, которая требует пояснения при употреблении, поскольку у географов под ГИС понимается «географическая информационная система», а у геологов, включая инженер-геологов, – «геологическая информационная система».

В области методики инженерной геологии к **ошибочным и устаревшим терминам и понятиям** относятся следующие.

Инженерно-геотехнические изыскания – введены не обоснованно т.к. выполняются в составе инженерных изысканий; термин и вид изысканий должны быть исключены.

Приведенный материал показывает, что терминология инженерной геологии – развивающаяся и совершенствующаяся система понятий, выполняющая важнейшую методологическую функцию, и которая, с одной стороны, обновляется в связи с развитием науки путем введения новых собственных терминов, а с другой – отказывается от ряда устаревших терминов и понятий.

Глава 3.
ПРОБЛЕМАТИКА СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

3.1. О роли проблем и задач в современной инженерной геологии

Рассматривая психологическую сторону деятельности исследователя Эрнст Мах (2012) писал: «Когда результаты частичных психических приспособлений оказываются в таком противоречии между собой, что мышление толкается в различные направления, когда наше беспокойство усиливается до того, что мы намеренно сознательно отыскиваем руководящую нить, которая могла бы вывести нас из этого лабиринта, – проблема налицо. Устойчивый, обычный круг опыта, к которому мысли быстро приспособились практически достаточным образом, редко дает повод к образованию проблем; по крайней мере нужна особая энергия мышления и большая психическая чувствительность к различиям, чтобы и здесь могли возникнуть проблемы. Но когда круг опыта, вследствие тех или других обстоятельств, расширяется, когда мысли приходят в соприкосновение с фактами, до тех пор не известными, к которым они достаточно не приспособлены ещё, или когда мысли, измененные новым приспособлением, реагируют на результаты прежних приспособлений, тогда возникает, как то показывает общая история культуры и история развития наук в частности, множество новых проблем. Несовпадение мыслей с фактами или мыслей друг с другом есть источник проблем».

Очень важно подчеркнуть эти два «вида» несовпадений, порождающих проблемы, отмеченные Э.Махом. Первый из них обусловлен несоответствием данных теоретических воззрений (теории, закона, закономерности и т.п.) конкрЗетным новым появившимся фактам, чаще всего установленным эмпирически. Второй «вид» несовпадений появляется с выдвижением новой теории (закона, закономерности и т.п.), входящей в противоречие с уже существующими. При этом новые теоретические воззрения могут быть получены сугубо теоретически, например, при пересмотре ранее существовавших воззрений на основе современного развития науки или смежных наук.

В гносеологии[1] науку часто определяют как деятельность по выявлению проблем незнания и, соответственно, производства нового знания в ответ на решаемые проблемы (см. например, работы К.Поппера (2002) и его метод «критического рационализма»). Поэтому выявление в инженерной геологии «проблем незнания» – важнейший этап в построении теоретического багажа данной науки. Без выявления не решенных проблем невозможно развитие инженерной геологии, как и любой другой науки. Незнание – это область нашего целеполагания, область планирования нашей познавательной деятельности (Бондарев, 2013). Таким образом, постановка проблемы является для ученого своеобразным целеуказанием, отправной точкой, побудителем для стратегии дальнейших поисковых работ.

Как известно, процесс познания бесконечен, ввиду бесконечности самой материи. Эти вопросы, как и диалектика развития самой науки, критически были рассмотрены как многими философами-идеалистами, так и материалистами. Среди первых И.Кант в работе «Пролегомены к любой будущей метафизике» (1783) писал, что «любой ответ, данный на принципе опыта, порождает новый вопрос, который также требует ответа и таким образом ясно показывает недостаточность всех физических типов объяснения, чтобы удовлетворить разум» (Кант, 1999,б). Среди вторых обстоятельный анализ развития науки дал Ф.Энгельс в «Анти-Дюринге» и «Диалектике природы» (1986, с. 417, 514). Он, в частности писал: «Всеобъемлющая, раз навсегда законченная система познания природы и истории противоречит основным законам диалектического мышления, но это, однако, отнюдь не исключает, а, напротив, предполагает, что систематическое познание всего внешнего мира может делать гигантские успехи с каждым поколением» (Энгельс, 1986, с. 20).

Именно развивающаяся, эволюционирующая наука продолжает ставить (и решать) все новые и новые вопросы – научные проблемы. Одни из них могут быть тривиальны и не значительны, другие – глубоки, но ответы на которые не очевидны. Если таковые вопросы-проблемы не ставятся в рамках данной науки, то, скорее всего, эта наука вырождается. Вопрос о «конце науки» и ограниченности человеческого знания был детально рассмотрен Дж.Хорганом (2001).

В геологии вообще и в инженерной геологии, в частности, нерешенных вопросов-проблем огромное множество. Если в «точных науках» есть установленные так называемые «вечные истины» (например, что дважды два равно четырем и т.п.), то во многих иных нерешенных проблем и гипотез намного больше, чем установленных истин. По этому поводу Ф.Энгельс писал в «Анти-Дюринге»: «Еще хуже положение дела в геологии, которая, по самой своей природе, занимается главным образом такими процессами, при которых не только не присутствовали мы, но и вообще не присутствовал ни один человек. Поэтому добывание окончательных истин в последней инстанции сопряжено здесь с очень большим трудом, а результатыего крайне скудны» (Энгельс,1986, с.80).

Таким образом, в геологии, включая и инженерную геологию, научные проблемы играют роль своеобразного «начального звена исследования», побудителя к получению нового знания, как ответа на поставленные проблемы. В этом состоит главное методологическое и гносеологическое значение научных проблем.

[1] Гносеология (от греч. *gnosis* – знание и *logos* – слово, наука) – теория познания, раздел философии.

Научная проблема — это осознание и формулирование концепции[1] о незнании некоторого явления, предмета, процесса и т.п. Если проблема обозначена и сформулирована в виде идеи, концепции, то это означает, что можно приступать к постановке задачи (или задач) по её решению или разработке. Научную проблему, как важнейшую категорию методологии науки, определяют двояко: либо понимая под проблемой крупную задачу (задачи), требующую решения; либо как сложный вопрос (вопросы), не имеющий однозначного решения, т.е. характеризующийся некоторой степенью неопределённости, и подлежащий разработке. По мнению многих именно неопределённостью решения проблема отличается от задачи.

С формальных методологических позиций под проблемой понимают крупное обобщенное множество сформулированных научных вопросов, которые охватывают область будущих исследований, требующих изучения и решения. Под проблемой также иногда понимают противоречивую ситуацию, проявляющуюся в виде противоположных позиций в объяснении каких-либо явлений, объектов и процессов (Добреньков, Осипова, 2007).

Научная задача – четко сформулированные и необходимые действия (процедуры, операции), целенаправленные на решение того или иного вопроса, обозначенного в рамках определенной научной проблемы. Таким образом, научные задачи можно рассматривать как своеобразную конкретизацию действий в рамках определенной научной проблемы, её «расшифровку» для более эффективной и целенаправленной разработки.

Но в чем состоит задача любой науки вообще и инженерной геологии в частности? Согласно К.Попперу (2002, с.326) «задача науки отчасти теоретическая – объяснение, отчасти практическая – предсказание и техническое приложение». Обе эти цели или задачи науки тесно взаимосвязаны (см. также раздел 4.5).

Отсюда следует, что задача инженерной геологии – объяснение явлений и процессов, происходящих в геологической среде (или верхних горизонтах литосферы), а также их предсказание (инженерно-геологическое прогнозирование) и выработка на этой основе технических приложений для эффективного освоения геологической среды.

Таким образом, задача инженерной геологии двояка: с одной стороны – теоретическая (объяснение), с другой – практическая (прогноз и приложение).

Суть теоретической задачи составляет научное объяснение. По К.Попперу (2002, с. 328) объяснение есть дедуктивный вывод, который строится по следующей логической схеме:

U (Общий закон) ***I*** (Особые начальные условия)	}	Посылки (составляющие Объясняющее)
E (Объясняемое)		Заключение

Согласно этой схемы, всякое объяснение, использующее только единичные или особые начальные условия (*I*), остается само по себе недостаточным, ему нужен, помимо них, еще хотя бы один общий закон (*U*), пусть даже он в некоторых случаях бывает настолько общеизвестен, что все опускают его как избыточный. Положение вещей, описываемое единичными или особыми начальными условиями можно называть «причиной», а положение вещей, описываемое объясняемым (Е) – «действием» или следствием.

Но, как указано нами выше, задача инженерной геологии двояка: она не сводится только к поиску теоретических объяснений изучаемых явлений или процессов. Она содержит также важные практические стороны – обоснование и формулирование прогнозов, а также технические приложения. И то, и другое можно анализировать с помощью вышеприведенной логической схемы К.Поппера. Рассмотрим обе эти практические стороны.

1. Вывод и обоснование инженерно-геологических прогнозов. Согласно К.Попперу (2002, с. 329), «в то время как при поиске объяснений нам дано – или известно- объясняемое и требуется найти подходящее объясняющее, при выводе предсказаний мы движемся в обратном направлении. В этом случае дана или предполагается известной (быть может из учебников) теория, а также специфические начальные условия (известные или предполагаемые известными из наблюдения). Найти же требуется логические заключения, которые пока что нам не известны из наблюдений». Это и есть предсказания или в нашем случае – инженерно-геологические прогнозы. При этом вместо объясняемого Е в вышеприведенной логической схеме используется предсказание Р.
2. Технические приложения. Здесь удобно в качестве иллюстрации привести пример, рассмотренный К.Поппером (2002, с. 329) – задачу строительства моста, который должен удовлетворять определенным практическим требованиям, изложенным в перечне спецификаций или техническом задании. В этом случае нам дана спецификация *S*, описывающая определенное положение вещей, а именно мост, который должен быть построен (*S* – это спецификации заказчика, сформулированные до и отличные от спецификаций архитектора моста). Далее нам даны релевантные физические теории (включая некоторые практические правила). А найти нам требуется определенные начальные условия, которые могут быть реализованы технически и которые имеют такую природу, что из них, взятых вместе с теорией, можно логически вывести требуемые спецификации *S*. Так что в вышеприведенной схеме место Е в ней занимают *S*.

При этом данный анализ не следует понимать в том смысле, что технолог или инженер-геолог занимается только «применением» теорий, предоставляемых ему «чистым ученым». Напротив, технолог и инженер-геолог постоянно сталкиваются с проблемами, которые надо решать. Эти проблемы имеют разную степень абстрактности, но обычно имеют, хотя бы отчасти, теоретический характер. Пытаясь

[1] Концепция – в методологии наук упорядоченная система взглядов на что-либо.

решить их, технолог или инженер-геолог, как и все остальные, используют метод предположений, проб, проверок, опровержения и устранения ошибок.

Чем сложнее объект рассмотрения, тем больше неоднозначных, неопределённых вопросов, проблем оно будет вмещать, и тем сложнее будут формулировки проблем и задач для поиска их решений.

Легко «потеряться» в море непознанных проблем. Поэтому проблематика научного исследования в данной науке должна вмещать классификацию и расстановку приоритетов в направлении исследований – разработке поставленных проблем. Совокупность возможных проблем, вопросов и взаимосвязанных объектов рассмотрения в целом называется проблематикой.

Если научную проблематику характеризовать с позиций психологического анализа Э.Маха (2012), то можно сказать, что проблематика охватывает множество несовпадений мыслей с фактами данной науки или мыслей друг с другом в пределах данной науки. Чем больше таких несовпадений, тем больше не решенных проблем, тем шире проблематика данной науки.

Сами по себе проблемы, задачи или проблематика не являются научным знанием в строгом смысле. Однако без них невозможно получение целенаправленного нового научного знания, и этим во многом определяется методологическое значение научных проблем в любых науках, включая инженерную геологию. Перефразируя известное высказывание Архимеда – «Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю», современный ученый-исследователь вполне обоснованно может сказать: «Дайте мне научную проблему, и я решу её (или добуду новое знание)».

Важное значение имеет правильное по форме изложение и формулирование научных проблем и задач. В инженерно-геологической литературе сплошь и рядом попадаются формулировки, которые строго говоря, нельзя или трудно отнести к формулировкам научных инженерно-геологических проблем или задач. Тем не менее, фразы или приводимые тезисы их авторы часто необоснованно называют научными проблемами или задачами, хотя по форме изложения (а зачастую и по содержанию) они таковыми не являются, и чаще всего приводятся в виде констатации некоторых фактов или положений, а также в виде названия (наименования) проблем или названия задач.

Как ни странно, но в методологии науки до сих пор нет строгих правил таких формулировок. Но если исходить из вышеприведенных определений научных проблем и задач, то, все же, можно изложить некие правила, которых стоит придерживаться ученому при формулировании новых научных проблем и задач:

1. Поскольку (если исходить из вышеприведенного определения проблемы) проблема – это обобщение множества вопросов, то формулировка научной проблемы должна даваться в форме вопросительного предложения, в котором заключается суть излагаемого незнания рассматриваемого предмета, суть обобщения вопросов. Поэтому такие формулировки должны начинаться, например, с вопросительных слов: «как...?», «почему...?», «каким образом...?» и т.п.
2. Поскольку научная задача нацелена на решение обозначенной проблемы, то формулировка научной задачи должна приводиться в форме повелительного предложения, в котором четко излагается суть того, что необходимо сделать в ходе разработки соответствующей проблемы (т.е. для перевода «незнания», обозначенного в проблеме, в «знание»). Поэтому, формулировки научных задач должны начинаться, например, со слов: «определить...»; «найти....», «обосновать...», «оценить...», «изучить...» и т.п.

   Следует добавить, что в такой же форме обычно дается формулировка и математической задачи после изложения условия решения этой задачи. При изложении научных задач формулировка условий, как таковая, не приводится. Но в её качестве как раз и выступает отчасти формулировка научной проблемы. Таким образом, при изложении научной проблемы необходимо выбрать такую её формулировку, которая максимально бы давала в руки исследователей «условия решения» этой проблемы. Но сделать это, к сожалению, не просто, и исследователи хорошо знают, что правильная постановка проблемы и соответствующих задач обеспечивают 99% успеха в их разработке.
3. От «формулирования проблемы» или задачи следует отличать «название проблемы» или соответствующей задачи. Название не раскрывает в полной мере суть и содержание проблемы или задачи, оно обычно используется лишь для краткости изложения, но именно названием в научной литературе часто неправомерно подменяется суть и содержание проблем и задач. В то же время необходимо так сформулировать название проблемы или задачи, чтобы в нём в максимальной степени отражались их суть и содержание.

Таким образом, научные проблемы и соответствующие им задачи, нацеленные на их разработку, всегда выступают как бы «в единой связке» и по своей структуре должны приводиться в строго определенной форме словесной формулировки.

Другой чрезвычайно важный методологический вопрос, связанный с научными проблемами и задачами – это их систематизация. Строгая систематизация проблематики современной инженерной геологии практически не разработана. Систематизация научных проблем может осуществляться по разным критериям. Научные геологические проблемы можно подразделять по направлениям отдельных геологических наук: проблемы геохимические, проблемы гидрогеологические, проблемы инженерно-геологические и т.п. Научные инженерно-геологические проблемы, в свою очередь, могут также подразделяться по разным критериям. Но общими для них являются: актуальность, структурированность, научная и практическая значимость.

Исходя из актуальности, выделяют глобальные и региональные проблемы.

Глобальные проблемы затрагивают всю Землю, все человечество, тогда как региональные проблемы – лишь отдельные регионы, континенты, страны, нации и т.п. Наибольшую актуальность имеют именно глобальные проблемы современности[1]. Критериями выделения глобальных проблем является следующее (Нижников, 2006): 1) повсеместное их распространение затрагивает человечество в целом; 2) неразрешение данных проблем может привести к гибели все человечество; 3) разрешить их возможно только совместными усилиями человечества, т.е. они не могут быть полностью разрешены в рамках отдельного государства или региона.

Глобальные проблемы современности являются следствием существующего и увеличивающегося противостояния естественной природы и человеческой цивилизации (техносферы), а также несоответствия или несовместимости разнонаправленных тенденций в ходе развития самой человеческой цивилизации. Естественная природа существует, как известно, по принципу отрицательной обратной связи, представляющей основной механизм биотической регуляции окружающей среды, в то время как человеческая цивилизация развивается по принципу положительной обратной связи. Напомним, что отрицательная обратная связь – тип обратной связи, при котором входной сигнал системы изменяется таким образом, чтобы противодействовать изменению выходного сигнала. Отрицательная обратная связь делает систему более устойчивой к случайному изменению параметров. Положительная обратная связь — это тип обратной связи, при котором выходной сигнал усиливает действие входного сигнала. Положительная обратная связь рассогласовывает систему, и, в конечном счёте, существующая система трансформируется в другую систему, которая оказывается более устойчивой (то есть в ней начинают действовать отрицательные обратные связи).

В такой ситуации возможно несколько вариантов развития событий: 1) снижение действия положительной обратной связи – т.е. по-сути, отказ от развития цивилизации, движение «назад к природе» (по Гёте), что в данных реальных условиях цивилизации невозможно; 2) усиление действия отрицательной обратной связи, т.е. природных факторов развития, что может осуществляться лишь частично пугем компенсационных мероприятий (восстановление разрушенных биогеоценозов, нооценология и т.п.); 3) нахождение компромисса между двумя этими тенденциями, обоснование которого пока не создано.

Поэтому проблема достижения компромисса между человеком и природой является одной из актуальных проблем современности, затрагивающей базовые области существования цивилизации (экологию, экономику, политику и т.п.)

Среди обозначенных в настоящее время глобальных проблем нет таких, которые напрямую относились бы к сфере действия только инженерной геологии или экологической геологии. Однако среди них можно выделить несколько проблем, в решении которых могут и должны участвовать инженер-геологии и/или экогеологи, без участия которых этих проблем не решить. Это следующие проблемы.

Глобальная проблема 1 (обеспечения человечества ресурсами). Она формулируется таким образом: Как обеспечить всё увеличивающееся население Земли необходимыми ресурсами жизнеобеспечения, многие из которых являются не возобновимыми?

По сути, эта проблема является глобальной экологической проблемой человечества, которое не может существовать без ресурсов (пищевых, энергетических, жилищных, пространства проживания и т.п.). В решение этой глобальной проблемы может внести вклад и инженерная геология, решая проблему обеспечения условий освоения геологического пространства и инженерно-геологического обеспечения добычи полезных ископаемых, включая и энергетические ресурсы.

Глобальная проблема 2 (предотвращения катастрофического загрязнения окружающей среды). Формулировка проблемы: Как предотвратить катастрофическое загрязнение окружающей среды на Земле, постоянно увеличивающееся в связи с развитием человеческой цивилизации, следствием которого является снижение биоразнообразия на Земле, грозящее и вымиранием человека? Это тоже, по суги, глобальная экологическая проблема. В её решение также могут и должны вносить вклад экогеологи и инженер-геологи.

Глобальная проблема 3 (создания глобальной системы мониторинга). Формулировка этой глобальной проблемы выглядит таким образом: Как обеспечить создание глобальной системы мониторинга литотехнических, природно-технических и эколого-геологических систем Земли?

По нашему мнению проблема создания глобальной системы мониторинга литотехнических, природно-технических и эколого-геологических систем целиком относится к сфере инженерной геологии.

Согласно методике системного анализа эффективность решения проблем зависит от их структуры или структурированности. По этому критерию все проблемы можно подразделить на три класса: 1) хорошо структурированные проблемы или количественно сформулированные проблемы, в рамках которых очень хорошо выяснены существенные зависимости: 2) неструктурированные проблемы или качественно выраженные проблемы, в которых дано лишь качественное описание характеристик, количественные зависимости между которыми не известны; 3) слабо структурированные или смешанные проблемы, которые содержат элементы двух предыдущих, но неопределенные стороны доминируют. Большинство проблем инженерной геологии, приводимых ниже, относится к неструктурированным или слабо структурированным, чем и определяется сложность их решения.

Исходя из приложения проблем к тем или иным решаемым вопросам, выделяют теоретические и прикладные проблемы. Первые нацелены на фундаментальные научные вопросы в данной науке, посвящены не изученным и не разработанным тео-

[1] Термин появился в 1960-е годы благодаря деятельности Римского клуба.

ретическим вопросам и задачам; вторые – практические проблемы, нацелены на решение определенных запросов практической жизни, технических, технологических вопросов и т.п.

В инженерной геологии наряду с общими теоретическими инженерно-геологическими проблемами можно выделить проблемы и по основным её научным разделам: проблемы грунтоведения, проблемы инженерной геодинамики и проблемы региональной инженерной геологии. Кроме того, в инженерной геологии можно выделить и научно-организационные проблемы, связанные с совершенствованием организации системы и структуры инженерной геологии в стране, её будущим развитием как науки и т.д.

В связи с выше изложенным, формулировка (обозначение) и систематизация наиболее актуальных проблем имеет в инженерной геологии огромное значение для развития этой науки. Из актуальных проблем и нерешенных задач должны исходить новые гипотезы инженерной геологии, обоснование которых должно привести к выработке законов, к созданию новых инженерно-геологических теорий.

Учитывая это, система современной инженерно-геологической проблематики, по нашему мнению, может быть представлена в виде схемы, показанной в табл. 3.1. Сразу же отметим, что в табл.3.1 приведены не формулировки проблем, а лишь их краткие названия.

Таким образом, в представленной схеме указаны лишь краткие названия проблем инженерной геологии, а их формулировки, содержание, подробная характеристика и обоснование даются ниже. Следует также иметь в виду, что подобные схематические построения проблематики являются временными, актуальными лишь на определенный период развития инженерной геологии, по истечении которого и по мере разработки обозначенных проблем состав проблематики будет меняться. При этом для разных инженерно-геологических проблем этот период разработки будет различным и может составлять от одного до нескольких десятилетий.

Таким образом, можно заключить, что в современной инженерной геологии роль научных проблем и задач, их выявления, обоснования и формулирования – чрезвычайно велика. Однако среди инженер-геологов этому вопросу не уделяется должного внимания, инженерно-геологическая проблематика остается слабо разработанной.

Таблица 3.1

Система инженерио-геологической проблематики

Названия научных проблем инженерной геологии					
Теоретические (фундаментальные) проблемы				Прикладные проблемы	
Общие инженерно-геологические	Проблемы основных направлений:			Научно-организа-ционные	Нормативно-методические
	грунтоведения	инженерной геодинамики	региональной инженерной геологии		
1.Общетеоретическая (создание общей теории ИГ) 2.Обеспечения устойчивости ЛТС (ПТС) 3.Оценки зон влияния ЛТС (ПТС) 4.Прогнозирования 5.Управления ЛТС (ПТС) 6.Эмерджентности 7.Инженерной геологии небесных тел	1.Изучения глобального многообразия грунтов 2.Сздания общей теории формирования свойств грунтов	1.Геодинамического про-гнозирования 2.Управления массивами (процессами) 3.Оценки измененности массивов	1.Районирования 2.Регионального прогнозирования	1.Совершенствования структуры инженерной геологии в системе РАН 2.Прогноза развития инженерной геологии 3.Совершенст-вования системы СРО АИИС	1.Совершенствования нормативно-методической базы ИГ 2.Разработки регламентов инженерных изысканий в строительстве 3.Перехода от образца к массиву (в расчетах)

3.2. «Концепция парадигмы» в геологии и инженерной геологии

История развития геологии в целом и инженерной геологии в частности подчиняется общим закономерностям развития наук (Хаин и др., 2008). В частности исторический анализ науки отводит важную роль научным революциям (Кун, 1975; Койре, 2003; Бондарев, 2013), под которыми понимается переход от одной доминирующей (общей) научной теории к другой, в ходе которого изменяется не только скорость, но и направление развития науки. Примерами таких научных революций в истории науки является переход от геоцентрической к гелеоцентрической модели мира в XVI в., механистическая теория XVII-XVIII вв., теория относительности Эйнштейна и т.п.

Концепция революционного развития науки рассмотрена в трудах А.Койре (2003) и Т.Куна (2009). Центральным понятием модели развития науки по Куну является понятие «парадигма» (от греч. παράδειγμα, – «пример, модель, образец»), под которой понимается признанные всеми учеными научные достижения, дающие всему научному сообществу в течение какого-то времени модель постановки проблем и их решения.

Термин «парадигма» был введен в 1962 г. Томасом Куном (Kuhn, 1962). Таким образом парадигма — совокупность фундаментальных научных установок, представлений и терминов, принимаемая и разделяемая научным сообществом и объединяющая большинство его членов. Парадигма может, таким образом, объединять некие представления в рамках одной науки (например, геологии) или в рамках многих наук и даже всего естествознания.

Развитие науки в рамках определенной парадигмы называется периодом «нормальной науки». После некоторого периода времени парадигма перестает удовлетворять научное сообщество и тогда ее сменяет другая – происходит научная революция. В концепции Куна много спорных моментов, в частности особенности творчества ученых в период «нормальной науки» и т.п.

В методологии науки под парадигмой понимают совокупность ценностей, методов, подходов, технических навыков и средств, принятых в научном сообществе в рамках устоявшейся научной традиции в определенный период времени. Гносеологическое значение парадигмы состоит в том, что она обеспечивает преемственность развития науки и научного творчества.

В настоящее время мало кто сомневается в наличии научных революций, но единого мнения о них и их особенностях, да и о том, что такое «научная революция» пока нет. Часто ее трактуют как ускоренную эволюцию (Бондарев, 2013). К.Поппер (1983) отстаивал концепцию перманентной научной революции, при которой любая научная теория рано или поздно фальсифицируется, т.е. находятся факты, которые полностью ее опровергают. В результате этого появляются новые проблемы, решение которых и определяет прогресс науки.

Согласно М.А.Розову (1996), выделяется три типа научных революций: 1) связанных с появлением новых фундаментальных теорий; 2) обусловленных внедрением новых методов и технических средств исследований; 3) обнаружением «новых миров» (мира микроорганизмов, элементарных частиц и т.п.).

В соответствии с этим подразделением в инженерной геологии можно отметить несколько научных революций второго типа (по М.А.Розову): 1) научная революция в грунтоведении, связанная с внедрением в практику исследований в 1960-е гг. электронного микроскопа и рентгеноструктурного анализа; 2) научная революция 1980-1990-х гг. связанная с внедрением в инженерную геологию компьютерных технологий, автоматизированных средств контроля и возможностей Интернета. Обе эти революции, обусловленные новыми техническими средствами, позволили сделать поистине революционные открытия как в области микростроения грунтов, особенно глинистых, и их минерального состава, так и в области инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии, в частности на базе ГИС-технологий и 3D-моделирования.

К научной революции в инженерной геологии третьего типа (по М.А.Розову) можно отнести не столько обнаружение мира микроорганизмов в грунтах[1], сколько выявление в 1970-1980-е гг. их огромной роли в формировании свойств грунтов и создание в 1990-е гг. подземной микробиологии (Дашко и др., 2014). В 1972 г. опытами В.В.Радиной впервые была доказана возможность формирования плывунных свойств у дисперсных грунтов за счет жизнедеятельности микроорганизмов. Последующие работы, организованные в 1970-е гг. в МГУ Е.М.Сергеевым (исследования И.Н.Болотиной, Г.М.Хлебниковой, С.Е.Горина и др.), а также исследования Л.С.Кожевиной, Т.Н.Тарасовой, А.Б.Зимина и обширные исследования, проводимые Р.Э.Дашко с сотр. на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Горного университета (С.-Петербург), убедительно показали огромную роль микроорганизмов в грунтах, влияющих на состав, строение, состояние и многочисленные свойства грунтов. В настоящее время этот «мир микроорганизмов» в грунтах интенсивно изучается инженер-геологами, и в ближайшие годы в этой области, несомненно, будут сделаны значительные научные открытия.

Г.К.Бондарик[2] (1996) отмечал, что в середине 1970-х годов наметился новый период развития инженерной геологии, связанный с её новой парадигмой (см. также раздел 4.2.3). Она заключается, по его мнению, в том, что в новых условиях «человек планирует, проектирует, строит и эксплуатирует не только собственные сооружения, а природно-тех-

[1] Микроорганизмы в горных породах и их роль в геохимических процессах были изучены еще в конце XIX в отечественными микробиологами Г.А.Надсоном и С.Н.Виноградским.

[2] Бондарик Г.К., 1996, с. 11- 21.

нические системы (ПТС), сложные целостные объекты, в которых искусственные компоненты взаимодействуют с окружающими областями внешних геооболочек и с литосферой»[1]. Эта парадигма предполагает пересмотр ранее сложившихся содержания инженерной геологии и её прикладных задач.

Но одновременно с этим в инженерной геологии существовала «парадигма геологической среды», развитая в работах Е.М.Сергеева (1978). Согласно этой парадигме инженерная геология является наукой о геологической среде и её рациональном использовании.

В настоящее время эти две парадигмы характеризуются конкурентным существованием, и ближайшее время покажет, какая из них будет преобладающей.

[1] Попов И.В., Бондарик Г.К., Розовский Л.Б., 1974, с. 51-60.

3.3. Общие теоретические проблемы и задачи инженерной геологии

Выше было показано, что огромная и порой основополагающая роль в разработке научных гипотез, законов и теорий принадлежит научным проблемам и формулируемым на их основе задачам исследований. Однако обоснование наиболее общих приоритетных проблем инженерной геологии в целом – непростая задача. Это видно, по крайней мере, из анализа трудов многочисленных научных конференций и совещаний по актуальным проблемам инженерной геологии, проводимых в последние десятилетия: лишь малая часть рассматриваемых на этих конференциях в 1970-2010-е гг. вопросов действительно представляет собой актуальные проблемы инженерной геологии.

Так, например, Международная научная конференция «Теоретические проблемы инженерной геологии»[2] состоялась 25-26 мая 1999 г. на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова. На ней обсуждались наиболее сложные и наименее разработанные на тот период теоретические и методологические проблемы современной инженерной геологии. При этом докладчиками отмечалось, что многими инженер-геологами делается упор на разработку различных прикладных вопросов инженерной геологии, тогда как развитие инженерной геологии, как самостоятельной науки геологического цикла, не может осуществляться без ее теоретического базиса и разработки методологии. Конференция подвела своеобразный итог накопленному теоретико-методологическому базису инженерной геологии и обозначила нерешенные актуальные теоретические проблемы науки.

На Международной научной конференции «Петрогенетические, историко-геологические и пространственные вопросы в инженерной геологии»[3], которая состоялась на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова 28-29 мая 2002 г. также рассматривался круг вопросов, связанных с общими проблемами инженерной геологии в том числе в рамках секции «*Петрогенетические, историко-геологические и пространственные аспекты в теории инженерной геологии*».

Какие же наиболее актуальные научные проблемы инженерной геологии в целом, пока не решенные и «ждущие своего часа», можно выделить в настоящее время?

В соответствии с вышеописанной проблематикой (см. табл. 3.1) по нашему мнению можно обозначить и сформулировать целый ряд таких теоретических и прикладных наиболее актуальных проблем инженерной геологии; большинство из них относится к инженерно-геологическому изучению ЛТС или ПТС. Начнем их характеристику с теоретических (фундаментальных) проблем. Для удобства пользования ими и во избежание путаницы ниже мы приводим проблемы с сквозной нумерацией, а соответствующие им задачи – с двойной нумерацией (первая цифра соответствует номеру проблемы, а вторая – порядковому номеру задач, необходимых для решения данной проблемы). Кроме того в скобках иногда приводятся краткие названия проблем.

Проблема 1 (общетеоретическая). В чём состоит общая теория инженерной геологии и её основных научных направлений?

По суги, эта проблема является фундаментальной проблемой создания общей теории инженерной геологии как науки. Её создание и разработка должны базироваться на совокупности частных теорий инженерной геологии и её отдельных научных направлений (грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии, а также, возможно, инженерной геологии небесных тел). В решение этой общетеоретической проблемы инженерной геологии естественно должны войти и разработки пяти нижеуказанных проблем.

По мнению Г.К.Бондарика (1996), для разработки проблемы 1 – создания общей теории инженерной геологии, необходимо решение следующих задач, которые можно сформулировать следующим образом:

Задача 1-1. Разработать логические элементы научных знаний, создать категориальный базис инженерной геологии и научных направлений; разработать и усовершенствовать частные и общую теории научных направлений, сформулировать законы, установить отношения между логическими элементами, усовершенствовать логическую структуру.

Задача 1-2. Разработать систему научных положений, описывающих геологические взаимодействия разных уровней. Эта система, по мнению Г.К.Бондарика (1996), является базой дальнейшего развития общей теории экзогеодинамики.

[2] Теоретические проблемы инженерной геологии / Труды Международной научной конференции (Россия, Москва, МГУ, 25-26 мая 1999 г.) // Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М., Изд-во Московского университета, 1999, 166 с.

[3] Петрогенетические, историко-геологические и пространственные вопросы в инженерной геологии / Труды Международной научной конференции (28-29 мая 2002 г.) // Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М., Изд-во Московского университета, 2002.

Задача 1-3. Усовершенствовать представления об иерархии системы инженерно-геологического районирования территории.

Задача 1-4. Развить теорию природно-технических систем в направлениях оценки вклада в их движение техноплагенных взаимодействий, обоснования их координат, диагностики текущих состояний, прогнозирования движения, возможностей управления функционированием систем высоких уровней организации.

Задача 1-5. Переосмыслить внешнюю структуру инженерной геологии в части её отношений с экологией, с теорией систем и кибернетикой, науками о внешних оболочках Земли.

Проблема 2 (обеспечения устойчивости). Как обеспечить создание наиболее устойчивых ЛТС и/или ПТС в разных инженерно-геологических условиях при их минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду?

Эта проблема является одной из центральных в инженерной геологии; её решение не однозначно и носит комплексный характер, т.к. обеспечения устойчивости ЛТС или ПТС нельзя добиться каким-либо единичным действием или процедурой. С древних времен человек, начиная строить своё жилище, пытался обеспечить его максимальную устойчивость и надёжность эксплуатации на долгое время. Наиболее эффективно проблема обеспечения устойчивости сооружений была решена в Древнем Египте при строительстве пирамид, сохранившихся до наших дней, возраст которых насчитывает несколько тысячелетий. Сочетание особой и простой формы сооружений (пирамид) и выбор для них жесткого основания (скальных массивов, сложенных прочными известняками), благоприятные климатические условия обеспечили надёжную их устойчивость, «не подвластную времени». Как известно, больший вред пирамидам за всю историю их существования нанес сам человек, а не природные факторы среды.

Однако, в современной строительной практике встают совершенно иные задачи – необходимость строительства намного более сложных, многоэтажных, многофункциональных инженерных сооружений, возводимых не в наиболее благоприятных для этого геологических условиях, а в любых местах, как того требуют задачи освоения территорий или государственного развития. При этом строительство ответственных сооружений на неблагоприятных (с точки зрения инженерной геологии) грунтах стало обычным делом. Но из этого совсем не следует то, что мы в полной мере научились обеспечивать устойчивость ЛТС или ПТС при минимальном их воздействии на окружающую среду. Несмотря на многие удачные примеры строительства, мы все же имеем и не мало примеров иного рода – аварий и катастроф инженерных сооружений разного типа, вызванных неумением обеспечить их устойчивость в конкретных инженерно-геологических условиях. Поэтому данная проблема по-прежнему остается актуальной в инженерной геологии. На первый взгляд она кажется прикладной, однако её разработка требует привлечения теоретических знаний, внесет вклад в разработку общей теории инженерной геологии.

Проблемы устойчивости разных типов ЛТС (городских, транспортных и т.п.) постоянно обсуждаются на разных научных форумах, в том числе на международных конференциях по инженерной геологи и геотехнике (рис.3.3.1).

Данная проблема тесно связана с законом устойчивости ЛТС или ПТС (см. ниже). Разработка этой проблемы предполагает решение целого ряда задач, связанных с инженерно-геологической оценкой параметров устойчивости ЛТС (или ПТС), определением их типов устойчивости, выявлением механизмов устойчивости и т.д.

Г.К.Бондарик (1996) в связи с данной проблемой сформулировал необходимость решения следующих задач:

Задача 2-1. [Установить] способы представления координат ПТС локального и более высоких уровней, границы областей допустимых состояний. (Выделенное в квадратных скобках – редакция авторов).

Задача 2-2. [Установить] способы представления состояний неоднородной ПТС в пространстве состояний, способы установления областей допустимых состояний для неоднородных ПТС.(Выделенное в квадратных скобках – редакция авторов).

Проблема устойчивости может быть сформулирована и по-иному – с акцентом на пороговые или критические уровни воздействий, превышение которых приводит к разрушению этих систем (Подпроблема 2а) или с акцентом на параметры, определяющие устойчивость систем (Подпроблема 2б). Их авторские формулировки даются ниже.

Рис. 3.3.1. Президиум Международной конференции «Развитие городов и геотехника» (слева-направо): В.М.Улицкий (Россия), П.Секо э Пинто (Португалия), В.Ван Импе (Бельгия), М.Б.Лисюк (Россия), С.-Петербург, 2008 г.

Подпроблема 2а (вытекающая из закона устойчивости ЛТС (см. ниже) и следствия 2 из этого закона). Как определить критические (пороговые) значения возмущений, превышение которых приводит к разрушению ЛТС или ПТС (переводу ее в качественно иное состояние)?

Поскольку природа внешних воздействий и внутренних возмущений в ЛТС (или ПТС) весьма многообразна, то набор пороговых значений для этих воздействий и возмущений становится весьма неопределенным. Отсюда вытекает неоднозначность решения данной подпроблемы. Очевидно, эта подпроблема может решаться лишь с учетом специфики конкретных ЛТС (или ПТС) или с учетом специфики отдельных типов ЛТС. Однако пока обоснованная инженерно-геологическая классификация ЛТС (или ПТС) разных типов также не создана.

Подпроблема 2б (вытекающая из следствия 1 закона устойчивости (см. ниже) ЛТС и ПТС). Что считать существенными параметрами, обеспечивающими устойчивость ЛТС или ПТС?

Из следствия 1 закона устойчивости ЛТС (см. ниже) вытекает, что такими существенными параметрами должны быть три группы показателей: 1) показатели структуры ЛТС (или ПТС), наиболее полно отражающие её строение; 2) показатели режима работы или функционирования ЛТС (или ПТС); 3) показатели траектории её движения или развития (в широком смысле этого слова). Пока минимальный и необходимый набор этих конкретных показателей, обеспечивающих устойчивость ЛТС (или ПТС) никем не обоснован. Исходя из этого, можно сформулировать основную задачу, которую необходимо решить для разработки этой подпроблемы 2б:

Задача 2б-1. Установить существенные показатели структуры, режима работы (функционирования) и траектории движения (развития) ЛТС (или ПТС).

Проблема 3 (зон влияния). Каковы границы зон влияния инженерных сооружений на окружающую среду и компоненты геологической среды в разных инженерно-геологических условиях? Каковы допустимые уровни этих влияний разной природы?

В отличие от проблемы 2, рассматривающей вопросы устойчивости ЛТС или ПТС при наличии внешних воздействий (со стороны геологической среды) на технические сооружения, данная проблема 3 напротив, рассматривает вопросы устойчивости ЛТС (или ПТС) при наличии воздействий от самих сооружений на геологическую среду. Поскольку различные по типу сооружения оказывают целый комплекс воздействий разной природы на геологическую среду, то границы их влияния не будут совпадать друг с другом, а будут соотноситься как области вложения или пересечения.

Эта проблема также не имеет однозначного решения. Затухающий характер воздействий размывает «границы» их влияния по мере удаления от источника воздействия. Поэтому проведение любой границы в этих условиях принимает неопределенный или условный характер. Критерии их построения в инженерной геологии до сих пор не обоснованы. Не известны также и критерии, по которым можно было бы количественно определить допустимые уровни этих воздействий; пока их оценка дается в основном на качественном уровне.

Безусловно, проблемы 2 и 3 взаимосвязаны друг с другом, и их решение должно носить комплексный и совместный характер.

Проблема 4 (прогнозирования). Как создать научно обоснованный прогноз развития геологических и инженерно-геологических процессов в данных инженерно-геологических условиях? (Или в более общей формулировке – как создать научно-обоснованный прогноз функционирования и эволюции ПТС или ЛТС в данных инженерно-геологических условиях?).

Данная проблема также не имеет однозначного решения, поскольку в инженерной геологии рассматриваются системы (ЛТС или ПТС), развитие которых не поддается детерминированному описанию, а подчиняется более сложным, во многом пока не познанным закономерностям, часто носящим вероятностный характер. В настоящее время в инженерной геологии применяется много типов прогнозирования, но ни один из них не является абсолютно эффективным, позволяющим создавать надежные количественные прогнозы на заданные интервалы времени. Поэтому проблема научного обоснования надежного прогнозирования в инженерной геологии остается по-прежнему весьма актуальной и открытой.

Сложность решения данной проблемы обусловлена поливариантностью возможного функционирования и эволюции ЛТС или ПТС в данных инженерно-геологических условиях. Она (поливариантность) в свою очередь обусловлена многофакторностью влияния разных внутренних условий (особенностей геологической среды) на сооружение и наоборот, – разнохарактерным влиянием самого сооружения на компоненты геологической среды. Кроме того, на эти два класса влияний накладываются внешние природные воздействия – влияние внешних природных факторов среды (климатических, космических и т.п.), а также внешние техногенные воздействия разной природы и масштаба (глобальные, региональные и т.п.). В итоге, при «наложении» друг на друга этих классов факт[норов мы и получаем поливариантность отклика системы на эти воздействия – сложно предсказуемое поведение ЛТС или ПТС.

Разработка данной проблемы возможна путем решения целого ряда конкретных задач, связанных с прогнозированием развития ЛТС или ПТС (и их компонентов), на базе современных компьютерных технологий и с привлечением высокоэффективных скоростных супер-ЭВМ последнего поколения. Сложность решения этой инженерно-геологической проблемы вполне сопоставима с прогнозированием погоды или предсказанием землетрясений.

Г.К.Бондарик (1996) в связи с данной проблемой сформулировал необходимость решения следующих задач:

Задача 4-1. [Разработать методы] диагностики и прогнозирования состояний ПТС локального, регионального и национального уровней (В квадратных скобках – дополнение авторов).

Задача 4-2. [Разработать методы] прогнозирования состояний неоднородных ПТС регионального и национального уровней (В квадратных скобках – дополнение авторов).

Проблема 5 (управления). Как обеспечить оптимальное и эффективное управление геологической средой и её отдельными компонентами?

Эта проблема не имеет однозначного решения и может быть выражена в разных более или менее общих вариантах подпроблем управления различными инженерно-геологическими объектами. В частности можно сформулировать пять таких подпроблем:

Подпроблема 5а. Как обеспечить оптимальное и эффективное управление лито-техничеакой системой (ЛТС)?

Решение данной подпроблемы предполагает научное обоснование и разработку комплексной методики применения различных методов, позволяющих регулировать параметры данной ЛТС (ЛТС определенного иерархического уровня) с целью обеспечения её эффективного функционирования и без отрицательных последствий для самой системы, человека и окружающей среды.

Подпроблема 5б. Как обеспечить оптимальное и эффективное управление природно-технической системой (ПТС)?

Решение данной подпроблемы, также как и в предыдущем случае, предполагает научное обоснование и разработку комплексной методики применения различных методов, позволяющих регулировать параметры данной ЛТС (ПТС определенного иерархического уровня) с целью обеспечения её эффективного функционирования и без отрицательных последствий для самой системы, человека и компонентов окружающей среды.

Подроблема 5в. Как обеспечить оптимальное и эффективное управление инженерно-геологическими условиями территории (строительной площадки)?

Её решение предполагает научное обоснование и разработку комплексной методики управления различными компонентами инженерно-геологических условий территории (конкретной строительной площадки). Данная подпроблема может рассматриваться как часть вышеобозначенных проблем 4а и 4б.

Подпроблема 5г. Как обеспечить оптимальное и эффективное управление геологическими рисками?

Решение этой подпроблемы предполагает научное обоснование и разработку методики снижения потенциальной опасности и ущерба от различных геологических и инженерно-геологических процессов на разных техногенно-осваиваемых территориях. Регулирование параметров, на основе которых оценивается риск (величина опасности, социального и экономического ущерба, вероятность и частота проявления катастроф и т.п.), и позволяет регулировать его величину, а следовательно управлять риском. Данная подпроблема 5г может рассматриваться как часть более общих вышеобозначенных подпроблем 5а и 5б.

Подпроблема 5д. Как обеспечить оптимальное и эффективное управление геологическими и инженерно-геологическими процессами?

Эта подпроблема 5д составляет одну из актуальных проблем современной инженерной геодинамики. Её решение предполагает научное обоснование и разработку методики управления (в широком смысле) различными, прежде всего опасными, геологическими и инженерно-геологическими процессами. Эти разработки являются основой для создания комплексных схем инженерной защиты территорий от опасных геологических процессов.

Проблема 5 (проблема управления) в целом имеет важное практическое значение, поскольку без управления геологической средой, компонентами ПТС или ЛТС невозможно обеспечить устойчивое функционирование данной ЛТС или ПТС. Таким образом, данная проблема управления тесно перекликается с вышеназванной проблемой 2 – проблемой устойчивости ПТС или ЛТС.

Необходимо отметить, пока что проблема управления далека от своего решения: в инженерной геологии и в её отдельных практических направлениях, в т. ч. в технической мелиорации грунтов, пока что решены лишь отдельные задачи управления составом и свойствами грунтов разных типов. В области прикладной инженерной геодинамики разработаны и реализуются лишь отдельные методы управления теми или иными экзогенными процессами, прежде всего для реализации комплексных схем защиты территорий от опасных экзогенных процессов. В то же время пока еще нет оснований говорить о том, что человек научился в полном объеме управлять разномасштабными опасными геологическими процессами для защиты от них.

Г.К.Бонадарик (2009) ввел понятие «геокибернетики», определив его как «раздел кибернетики, представляющий собой систему научных знаний об управлении природно-техническими системами различных уровней». Это направление полностью находится в рамках вышеобозначенной проблемы 5 (управления) и призвано решать эту проблему.

Проблема 6 (эмерджентности). Как наиболее эффективно учесть (варианты: изучить, оценить) проявление масштабного эффекта (эмерджентных свойств) литосистем и природно-технических систем при инженерно-геологических исследованиях и изысканиях?

Эта проблема не имеет однозначного решения и предполагает научное обоснование и разработку методики учета иерархичности геологических объектов при инженерно-геологических исследованиях и изысканиях, обоснованных способов перехода от образцов к массивам грунтов при их оценке для инженерно-геологических целей.

Для разработки каждой из шести указанных выше теоретических проблем инженерной геологии можно сформулировать целый ряд научных задач, требующих своего решения. Все они могут быть подразделены на задачи трех типов: морфологические, ретроспективные и прогнозные (Трофимов, 2005). Содержательные задачи основных разделов инженерной геологии указаны ниже.

3.4. Теоретические проблемы и задачи грунтоведения

Исторически первые теоретические проблемы и задачи общего грунтоведения были изложены в работах М.М.Филатова (1936, 1940), П.А.Земятченского (1927, 1928, 1935), В.В.Охотина (2008), Ф.П.Саваренского (1937, 1939), С.С.Морозова, И.В.Попова (1951), Е.М.Сергеева (1953, 1983), В.А.Приклонского (1949, 1950), В.Д.Ломтадзе (1970), Н.Н.Иванова, Н.Я.Денисова (1951), Н.В.Коломенского (1964), Б.М.Гуменского (1949) и др. Ими же были сформулированы и первые представления о насущных проблемах и задачах грунтоведения, требующих своего решения.

Например, В.В.Охотин в 1953 г., ссылаясь на классификацию практических задач при строительстве разного рода сооружений В.А.Приклонского, так определил перечень наиболее актуальных на тот период практических задач грунтоведения:

1. «Классификация грунтов со строительной точки зрения.
2. Установление распределения выделенных типов и видов грунтов в пределах изучаемых участков.
3. Определение количественных характеристик (показателей) прочности грунтов каждого из выделенных типов, ее изменчивости, а иногда также водопроницаемости и некоторых других свойств, необходимых для строительных расчетов при проектировании сооружений.
4. Предсказание возможности изменения свойств грунтов (в первую очередь их прочности) под воздействием сооружений.
5. Оценка опасности ожидаемых деформаций грунтов для проектирования сооружений.
6. Рекомендация мероприятий по улучшению свойств грунтов применительно к требованиям проектируемого сооружения.

Для решения перечисленных практических задач необходимо было изучить условия формирования и изменения грунтов, состав и основные свойства, определяющие их природу и рассматриваемые с генетической точки зрения. Все эти и другие теоретические вопросы и составляют содержание грунтоведения» (Охотин, 2008).

Хотя В.В.Охотин считал вышеуказанные задачи практическими, для их решения необходимо было выполнить сложные теоретические научные исследования в области грунтоведения. За прошедшие более чем шестьдесят лет многие из этих задач грунтоведения, указанных В.В.Охотиным в 1953 г., были в той или иной мере успешно решены отечественными и зарубежными исследователями. В частности, были разработаны классификации грунтов (Сергеев и др., 1957; Грунтоведение, 1971, 1983, 2005); разработаны методики опробования грунтов и выделения их типов в пределах изучаемых участков; были разработаны методики оценки количественных показателей прочности грунтов и иных их свойств (Методическое ..., 1968, 1985); были выполнены обширные работы по выработке рекомендаций и обоснованию методов улучшения свойств грунтов применительно к требованиям различных проектируемых сооружений (Безрук, 1965; Воронкевич, 2005).

В то же время необходимо отметить, что в инженерно-геологической литературе существует большая неразбериха с формулировками проблем и задач грунтоведения. Большинство авторов не видело разницы в этих понятиях, и, наряду с этим, вместо суги проблем и задач часто излагало их название или пространное расплывчатое содержание.

В 1953 г. Е.М.Сергеев одной из основных теоретических задач общего грунтоведения считал «установление зависимости между различными свойствами типичных грунтов и их генезисом» (Сергеев. 1953). Он считал, что такая зависимость может быть выражена «генетической классификацией грунтов, позволяющей производить предварительную оценку строительных свойств грунтов по их генетическому типу». Последующие исследования, однако, показали, что, несмотря на наличие зависимости свойств грунтов от их генезиса, подобная классификация не может учесть всего многообразия проявления инженерно-геологических особенностей грунтов, т.к. генезис не является единственным фактором, формирования свойств грунтов.

В.Д.Ломтадзе, формулируя в 1970 г. основные теоретические задачи инженерной геологии, так обозначил главные задачи, которые должны решаться в рамках её первого научного направления – грунтоведения: «[1] Инженерно-геологическое изучение горных пород как грунтов, могущих служить естественным основанием, средой и строительным материалом для различных сооружений. [2] Исследование влияния генезиса пород и последующего преобразования их в земной коре на физико-механические свойства. [3] В связи с этим стоит задача [а] изучения закономерностей пространственного изменения свойств горных пород, а также факторов, влияющих на эти изменения; [б] создание генетической инженерно-геологической классификации горных пород; [в] разработка новых и унификация существующих методов исследований и обработки результатов этих исследований; [г] разработка методов искусственного улучшения свойств различных горных пород» (Ломтадзе, 1970; в квадратных скобках указана нумерация авторов).

Как видим, и этот перечень задач построен не логично, он довольно широк и включает в себя задачи и общего, и регионального грунтоведения, и технической мелиорации грунтов, и прикладные задачи. Однако эти задачи сформулированы скорее в виде перечисления неких целей исследований, суть самих задач в ряде случаев здесь не раскрывается и также не приводится в форме повелительного наклонения.

В 1979 г. Е.М.Сергеев так формулировал основную проблему грунтоведения: «основной проблемой грунтоведения на современном этапе его развития является изучение горных пород (и почв) как грунтов

от микроуровня до массива исходя из представлений о них как о многокомпонентных системах, слагающих геологическую среду» (Сергеев, 1979, с.11).

В 1983 г. Е.М.Сергеев писал, что «на современном этапе развития грунтоведения основной задачей его является изучение горных пород, почв, техногенных образований как грунтов от микроуровня до массива с целью рационального освоения геологической среды» (Грунтоведение, 1983, с.14). Примерно также основная проблема грунтоведения формулировалась им чуть позже: «... изучение грунтов от микро- до макроуровня (массивов), исходя из представлений о них как о многокомпонентных системах, слагающих геологическую среду» (Теор. основы..., 1985, т.1, с.11).

Как видно, в такой постановке основное внимание на том этапе уделялось решению морфологических (а по-сути, описательных) задач в области грунтоведения. И это было вполне оправдано в тот период развития грунтоведения, поскольку тогда ещё не были широко известны как многие закономерности микростроения различных грунтов (особенно дисперсных), так и их особенностей макростроения, проявляющихся лишь в массиве. Тем не менее, такая формулировка задач является довольно общей, расплывчатой и не конкретной, что затрудняет их решение. Для разработки задачи в такой формулировке необходима её конкретизация и иное, более четкое формулирование, например в виде предложения в форме повелительного наклонения: «Определить...», «Выявить...» или «Изучить....» и т.п. (см. выше).

По мнению И.М.Горьковой, к числу первоочередных относились следующие теоретические проблемы (курсив наш) инженерной геологии: 1) установление закономерностей формирования инженерногеологических свойств грунтов в процессе литогенеза и гипергенеза в различных геологических, геохимических и физико-географических условиях; 2) дальнейшее развитие физико-химической механики грунтов и установление количественных зависимостей между геолого-генетическими особенностями отложений и их прочностными, деформационными и реологическими характеристиками как основы инженерно-геологической классификации грунтов; 3) установление закономерностей изменений механических свойств грунтов различных классификационных групп в зависимости от режима приложения нагрузок; 4) разработка методов количественного прогноза инженерно-геологических процессов и явлений в грунтах различного состава и состояния в зависимости от напряженного состояния массива и характера инженерного воздействия; 5) разработка новых расчетных схем устойчивости грунтов с учетом их состава, состояния, структурных, деформационных, прочностных и реологических особенностей (Платов и др., 2012).

Перечень содержательных теоретических и практических задач грунтоведения был сформулирован в 2005 г. В.Т.Трофимовым (Грунтоведение, 2005).

С учетом вышеизложенного и особенностей формулирования проблем и задач (см. выше гл.3.1), по нашему мнению, основными теоретическими проблемами и научными задачами современного грунтоведения являются следующие (в порядке их общей инженерно-геологической нумерации):

Проблема 7 (глобального многообразия грунтов). В чём состоит глобальное многообразие грунтов и слагаемых ими толщ?

Данная проблема специально обсуждалась на Международной научной конференция «Многообразие грунтов: морфология, причины, следствия»[1], состоявшейся на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова 27-28 мая 2003 г. На конференции обсуждались следующие вопросы: 1) Проблемы многообразия грунтов в теоретических построениях грунтоведения; 2) Многообразие скальных грунтов и их особенности; 3) Многообразие дисперсных грунтов и их особенности; 4) Многообразие искусственных грунтов и их особенности; 5) Многообразие грунтов и проблемы управления их состоянием и свойствами.

К настоящему времени в мировом грунтоведении накоплены обширные сведения и выявлены особенности свойств лишь наиболее распространенных типов грунтов, которые чаще всего являются основаниями или средой для различных инженерных сооружений. К ним относятся широко распространенные дисперсные грунты (крупнообломочные, песчаные, пылеватые и глинистые), а также наиболее распространенные типы скальных и полускальных грунтов. Однако в этом перечне отсутствуют многие грунты, которые остаются либо совсем, либо пока мало изученными в инженерно-геологическом отношении.

Согласно В.Т.Трофимову (2005), научные содержательные задачи грунтоведения, которые необходимо решить для разработки данной проблемы в настоящее время можно сформулировать так:

Задача 7-1. Установить особенности состава, строения, состояния и свойств глобального многообразия грунтов и слагаемых ими толщ (массивов, инженерно-геологических структур) верхних горизонтов земной коры.

Задача изучения глобального многообразия грунтов предполагает в первую очередь изучение многообразия состава, строения и свойств грунтов собственно территории России, а затем и других регионов Земли. Занимая шестую часть суши, Россия до сих пор остается малоисследованной в отношении многообразия грунтов, развитых на ее территории, что обусловлено с одной стороны обширными территориями, а с другой – неравномерностью их хозяйственного освоения. Для многих малых по территории, ноь развитых стран эта задача не актуальна: на их ограниченной площади давно выявлены все распространенные типы грунтов с их инженерно-геологической характеристикой. Однако, для других стран, включая и Россию, эта задача остается сейчас и в ближайшем будущем актуальной.

Задача 7-2. Разработать принципиально новые методы и методики изучения состава, строения,

[1] Многообразие грунтов: морфология, причины, следствия / Труды Международной научной конференции (27-28 мая 2003 г.) // Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М., Изд-во Московского университета, 2003.

состояния и свойств грунтов, в первую очередь полевых, позволяющих оценивать эти параметры непосредственно в толще грунтов.

Проблема 8 (формирования свойств грунтов). Каковы закономерности формирования свойств грунтов и их изменения под влиянием природных и техногенных факторов?

Впервые данную проблему в 1950-е годы поставил и пытался рассмотреть В.А.Приклонский, сформулировав ряд теоретических положений о стадийности литогенеза и формировании свойств грунтов (см. гл.7.1). Разработка данной проблемы в последующие десятилетия велась в основном применительно к природным геологическим процессам. Работами В.А.Приклонского, И.М.Горьковой, Н.А.Окниной, И.Г.Коробановой, В.И.Осипова, В.Н.Соколова и др. были выявлены основные закономерности формирования свойств глинистых грунтов и их изменения в природных процессах литогенеза.

Однако для прочих грунтов такие закономерности пока выявлены лишь спорадично, более того – для процессов техногенеза такие общие закономерности вообще не выявлены несмотря на многочисленные работы в этом направлении (Приклонский и др., 1956; Зиангиров, Баранова, 1968; Котлов, 1978; Пахомов, Монюшко, 1977; Стешенко, 1982; Золотарев, 1983; Затенацкая, 1985; Дашко, 1987; Осипов, Соколов, 2013 и др.). Основной сложностью при этом является тот факт, что в ходе техногенеза процессы литификации пород могут иметь разнонаправленный характер: породы могут как уплотняться (с улучшением их инженерно-геологических особенностей), так и разуплотняться (с ухудшением их инженерно-геологических характеристик).

Согласно В.Т.Трофимову (2005), научные содержательные задачи грунтоведения, которые необходимо решить для разработки данной проблемы в настоящее время можно сформулировать так:

Задача 8-1. Изучить закономерности формирования свойств всего многообразия грунтов и слагаемых ими толщ под влиянием природных процессов.

Как хорошо известно, состав, строение, состояние и свойства грунтов разных типов (классов, групп, видов, разновидностей) изучены крайне неравномерно. В настоящее время в грунтоведении отсутствуют либо полностью, либо частично данные о составе, строении, состоянии и свойствах многих грунтов. Некоторые генетические типы грунтов вообще не изучены, или охарактеризованы лишь с самых общих литолого-петрографических, но не инженерно-геологических позиций. Поэтому данная задача приобретает глобальный (в смысле распространения грунтов) и долговременный характер (в смысле длительности изучения грунтов разных типов). С течением времени эта задача постепенно решается, т.к. идет постепенное накопление все более новых данных о грунтах разных типов; все большие коллективы ученых вовлекаются в исследование слабоизученных грунтов. Однако единовременно эта задача не может быть решена и в перспективе её решение будет растянуто на ближайшие десятилетия.

Задача 8-2. Выявить закономерности современной динамики всего многообразия грунтов и слагаемых ими толщ под влиянием эволюции природы.

Здесь речь идет о важнейшей научной задаче – выявлению закономерностей динамики состава, строения, состояния и свойств всей изученной совокупности грунтов (т.е. их изменения в физическом времени) под влиянием природных процессов. Данная задача является предметом разработки геодинамического грунтоведения и фактически составляет его основную научную проблему. Как отмечалось выше (см. гл. 1.3), в настоящее время геодинамическое грунтоведение является одним из самых слабо разработанных научных разделов грунтоведения.

Значение этой задачи можно пояснить простым примером. При инженерных изысканиях под строительство какого-либо сооружения проводятся натурные испытания грунтов в массиве (грунтов основания сооружения) в течение определенного периода (например, летом). Получаемые при этом характеристики грунтов (например, прочностных или деформационных свойств) обрабатываются известными способами с целью получения значений расчетных параметров, которые затем используются при проектировании сооружений. Однако, строго говоря, эти данные (характеристики) отражают состояние грунта лишь на момент его испытаний (изысканий) – в летний период. Нет никакой гарантии, что со сменой сезона свойства грунтов весной, зимой или осенью будут совсем иными, не теми, которые заложены в проект и соответствующие расчеты. Отсюда могут возникать и возникают различные катастрофические последствия. Могут возразить, что в расчетные показатели закладывается определенный коэффициент запаса, который как раз и учитывает эти сезонные изменения. Но специальных исследований на этот счет никем не проводилось, методик расчета коэффициента запаса, учитывающего сезонные колебания состояния и свойств грунтов также не существует. Более того, в разных инженерно-геологических условиях эти колебания будут весьма различны даже для одного и того же вида грунта.

Таким образом, закономерности динамики состава, строения, состояния и свойств различных грунтов изучены к настоящему времени крайне не равномерно и явно не достаточно. Это обусловлено рядом причин: 1) сложностью предмета исследования, т.к. подобные исследования должны проводиться в грунтовых массивах, т.е. в натурных условиях; 2) отсутствием методик режимных наблюдений за грунтами или систем мониторинга; 3) недостатками нормативно-методических документов изысканий. Кардинальное решение этих вопросов могла бы дать организация специализированных систем мониторинга грунтов, которые пока в России также слабо разрабатываются и медленно внедряются в практику. Однако даже при её организации эта задача не может быть решена «мгновенно», она требует длительной и систематической разработки больших коллективов ученых инженер-геологов.

Задача 8-3. Разработать прогноз динамики развития всего многообразия грунтов и слагаемых ими толщ под влиянием эволюции природы и в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Данная задача тесно связана с решением предыдущей, поскольку составление надежных прогнозов возможно лишь в том случае, когда поняты и изучены закономерности самой динамики всего многообразия свойств грунтов. В соответствие с этим необходима разработка и обоснование методики составления количественных прогнозов динамики изменения состава, строения, состояния и свойств грунтов.

Задача 8-4. Изучить историю формирования и создать логико-графические модели формирования свойств грунтов различных классов (скальных, дисперсных, мерзлых) различных генетических типов (магматических, метаморфических, осадочно-вулканогенных и особенно осадочных — морских, аллювиальных, ледниковых и др.) применительно к конкретным инженерно-геологическим структурам и в общетеоретическом плане (эти исследования требуют применения методов абсолютного датирования, изотопии и спорово-пыльцевых исследований при изучении опорных инженерно-геологических разрезов).

Пока данная задача решена лишь частично: созданы логико-графические модели формирования отдельных свойств для отдельных грунтов (например, лёссовых). В то же время все остальное многообразие грунтов остается пока не охваченным этим анализом.

Задача 8-5. Создать на основе накопленных данных завершенные частные и общую теории формирования состава, строения, состояния и свойств грунтов *(первые — частные теории — должны описывать формирование названных особенностей грунтов строго определенных генетически, литологических и других типов, а о*бщая теория должна отражать главные черты формирования всего глобального многообразия грунтов).

Решение данной задачи, таким образом, венчает перечень всех вышеизложенных задач и базируется на степени их разработанности.

3.5. Теоретические проблемы и задачи инженерной геодинамики

В 1936 году Г.Н.Каменский определил в качестве основной задачи инженерной геологии (а по сути – инженерной геодинамики) изучение инженерно-геологических процессов или явлений, возникающих под влиянием инженерной деятельности человека (Каменский, 1936).

В 1970 г. В.Д.Ломтадзе, анализируя основные задачи инженерной геологии, так сформулировал задачи, относящиеся к инженерной геодинамике: «Изучение геологических процессов и явлений, влияющих на инженерную оценку территорий, а также причин и факторов, обусловливающих их возникновение и способствующих развитию. Разработка методов исследования геологических процессов и явлений, качественной и количественной их оценки» (Ломтадзе, 1970). Как видно, в такой формулировке задачи сформулированы скорее в виде неких общих целей инженерной геодинамики, а не в виде конкретных её задач, требующих разработки и решения.

Кроме того, В.Д.Ломтадзе там же сформулировал и задачи инженерной геологии, относящиеся к выделяемой им «специальной инженерной геологии» (а по-сути являющейся прикладными разделами инженерной геологии). Среди этих задач он обозначил следующие:

«4. Изучение инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых с целью обоснования проектов строительства горных предприятий, рациональных способов разработки месторождений, обеспечения устойчивости подземных выработок и откосов карьеров.

5.Разработка новых и совершенствование существующих полевых методов инженерно-геологических исследований — инженерно-геологической съемки, разведочных и опытных работ, стационарных наблюдений и других методов применительно к конкретной геологической обстановке, к стадии исследования и к типу проектируемого сооружения; разработка методов составления инженерно-геологических карт, разрезов и других материалов.

6.Изучение эффективности существующих и разработка новых инженерных мероприятий по обеспечению устойчивости сооружений и защите их от вредного влияния различных геологических явлений» (Ломтадзе, 1970).

Ф.В.Котлов (1970) считал, что для развития теоретических основ инженерной геодинамики необходимо решение следующих задач:

1) «формализация ряда понятий и критериев в области инженерной геодинамики для широкого внедрения математики;
2) усовершенствование и унификация количественных параметров инженерно-геологических процессов и явлений;
3) широкое применение метода энергетического баланса плюсовых и минусовых сил, формирующих геологический процесс, как теоретической базы для оценки и прогнозов;
4) улучшение и развитие расчетного аппарата по оценке и прогнозу, в том числе долгосрочному прогнозу инженерно-геологических процессов и явлений;
5) более углубленное изучение природы инженерно-геологических процессов и явлений и закономерностей их формирования;
6) разработка теории прогноза и управления инженерно-геологическими процессами и явлениями».

При этом он подчеркивал, что «с увеличением роли человека в преобразовании природы будут возрастать антропогенные изменения земной коры и расширяться сферы развития и проявления инженерно-геологических процессов и явлений. Это

обязывает расширять фронт теоретических исследований по проблемам инженерной геодинамики» (Котлов, 1970).

Важное значение разработке проблематики инженерной геологии придавал Г.С.Золотарев (1970). Он считал, что на тот период «наибольшее значение для развития науки и практики строительства имеет разработка следующих проблем инженерной геодинамики:

1) инженерно-геологический анализ новейших и современных тектонических движений;
2) инженерно-геологическое обоснование, включая определение количественных критериев для оценки микросейсмических условий равнинно-платформенных и горноскладчатых областей;
3) изучение непрерывно изменяющихся во времени величин и распределения напряжений в массивах трещиноватых пород неоднородного строения под совокупным влиянием гравитационных, тектонических, температурных, гидродинамических и минерало-кристаллизационных процессов;
4) полевое и экспериментальное инженерно-геологическое изучение процессов выветривания в осадочных, магматических и метаморфических породах в целях оценки их свойств и развития геологических процессов;
5) изучение формирования и устойчивости склонов, развития обвалов, оползней, осовов, развалов и т. п. под влиянием природных и искусственных факторов, включая воздействие водохранилищ (переработка берегов);
6) изучение инженерно-геологических факторов возникновения и движения селей;
7) инженерно-геологическое изучение процессов на берегах морей и крупных озер в целях оценки устойчивости надводного склона абразионных и аккумулятивных отмелей;
8) изучение процессов выщелачивания и карста и их оценка для платформенных и горноскладчатых областей;
9) изучение просадок в лессах и пепловых образованиях как природного процесса, так и при искусственном обводнении» (Золотарев, 1970, с.179-180).

Как видно из этого длинного перечня, обоснования и изложения сути самих решаемых проблем здесь, к сожалению, нет: есть лишь названия проблем, а сами проблемы сведены к необходимости изучения того или иного вопроса. Однако в этой же работе ниже Г.С.Золотарев выделяет всего пять основных проблем для дальнейшего изучения. Он пишет: «Обсуждение результатов и задач дальнейших научных исследований по проблемам инженерной геодинамики желательно сосредоточить на следующих главных вопросах:

1) теории геологических и инженерно-геологических процессов и явлений, на основных природных и искусственных факторах и их развития;
2) региональных геологических (по площади и глубине) и зонально-климатических закономерностей и формах развития теологических процессов и явлений и их изменении под влиянием инженерных сооружений и строительных работ;
3) методов полевого и экспериментального (моделирования) изучения и прогноза (количественного и во времени), соответствующих новым взглядам на природу и особенностям геологических и инженерно-геологических процессов и возможностей использования научных достижений и аппаратуры смежных естественных и технических наук;
4) определения перспективных задач инженерной геодинамики и методики исследования в связи с расширением инженерной и иной деятельности человека в земной коре и на ее поверхности;
5) методов научно обоснованной обработки и систематизации огромного и все возрастающего количества данных о результатах изучения геологических и инженерно-геологических процессов и явлений и об опыте борьбы с ними для обеспечения устойчивости сооружений в целях получения надежной информации и установления аналогов» (Золотарев, 1970, с. 183).

Наиболее важной из выделенных здесь проблем, на наш взгляд, является первая – разработка теории геологических и инженерно-геологических процессов, развивающихся под влиянием природных и техногенных факторов.

Важнейшей проблемой инженерной геодинамики Е.М.Сергеев считал изучение механизма и закономерностей геологических и инженерно-геологических процессов. При этом их исследование он не отделал от изучения особенностей самих массивов грунтов, в пределах которых и развиваются эти процессы. Так он, в частности, писал: «Изучение геологических процессов следует проводить в трех направлениях: 1) изучение состава, состояния и свойств горных пород и процессов, в них возникающих; 2) изучение современных геодинамических процессов; 3) изучение состава, состояния и свойств пород в лабораторных условиях.

По первому направлению необходимо совершенствовать геофизические скоростные методы исследований, разрабатывая (может быть, комплексно) получение с их помощью минимального набора информации, анализ которой составит основу инженерно-геологических выводов, требующих лишь в минимальной степени применения известных длительных и трудоемких методов (бурение, шурфование и пр.).

По второму направлению предполагается выявить зависимость между космическими и аэроландшафтными методами, аэроландшафтными методами и методами наземной съемки, которые в совокупном сочетании позволили бы более эффективно изучать современные геодинамические процессы и тем самым сокращать сроки проведения наземной инженерно-геологической съемки.

Третьим направлением предусматривается упорядочить существующие методы лабораторного изучения показателей состава, состояния и свойств горных пород с одновременным анали-

зом степени использования этих показателей при проектировании. Это позволит выбрать и упорядочить необходимый минимум сочетаний главнейших показателей с последующим введением их в практику инженерно-геологических исследований и проектирования сооружений» (Сергеев, Чуринов, 1979).

Чуть позже Е.М.Сергеев так формулировал основную проблему инженерной геодинамики: «... главная проблема инженерной геодинамики – количественный пространственно-временной и интенсивностный (по степени интенсивности) прогнозы экзогенных и приповерхностных проявлений эндогенных геологических и антропогенных процессов с целью предотвращения или уменьшения вредного влияния этих процессов на геологическую среду и биосферу в целом» (Теор. основы..., 1985, т.1, с. 12).

Последующие инженерно-геологические исследования, проводимые по этим трём направлениям в 1970-2000-е гг. как у нас в стране, так и за рубежом, позволили в значительной мере решить проблему, связанную с изучением механизма и закономерностей формирования и развития большинства основных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов. Благодаря этому данная проблема трансформировалась в целый ряд выявленных теоретических положений и закономерностей.

В.С.Круподеров (2001, с.70-71) выделил проблему изучения режима и прогнозирования ЭГП, в рамках которой им поставлены следующие актуальные задачи:

1. Изучение общих, глобальных и региональных закономерностей режима ЭГП, условий их активизации и направленности развития, пороговых и критических значений режимообразующих факторов на основе обобщения и анализа всех имеющихся данных о режиме и активности проявления процессов, генетических особенностях их проявления.
2. Усовершенствование вероятностно-статистических методов прогнозирования ЭГП, разработка детерминированных прогнозных моделей процессов на основе результатов вышеперечисленных исследований (п. 1).
3. Развитие теории и методов изучения режима ЭГП применительно к: а) специфическим процессам, таким как эоловые, карст, суффозия и др.; б) некриогенным ЭГП криолитозоны; в) криогенным процессам.
4. Изучение влияния на режим и региональную активность проявления ЭГП медленно изменяющихся факторов – современных тектонических движений (абразия, эрозия, оползни), дегляциации горных территорий (сели, эрозия), колебаний уровней подземных вод (подтопление, заболачивание), эвстатического подъема уровня океанов и морей (абразия, эрозия, оползни).
5. Разработка методологии картографирования режима ЭГП, методик составления карт активности проявления процессов различных масштабов.

Актуальные проблемы инженерной геодинамики регулярно обсуждаются на различных конференциях. Так, например, эти проблемы были вынесены на обсуждение Международной научной конференции "Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики"[1], состоявшейся 2-3 февраля 2006 г. на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова. Их рассмотрение играет важную роль в определении дальнейшего развития и инженерной геологии, и экологической геологии. В рамках этой конференции на обсуждение были вынесены следующие темы: 1) Инженерная геодинамика; достижения, пути развития, новые идеи; 2) Экологическая геодинамика; становление, первые достижения, новые идеи; 3) Соотношение инженерной геодинамики и экологической геодинамики; 4) Содержание и методика преподавания курсов "Инженерная геодинамика" и "Экологическая геодинамика" в высших учебных заведениях.

Таким образом, до сих пор остаются не решенными еще многие проблемы инженерной геодинамики. Укажем наиболее важные из них.

Проблема 9 (геодинамического прогнозирования). Как разработать надежный прогноз динамики (развития) природных геологических и инженерно-геологических процессов?

Указанной проблеме, как отмечено выше, огромное внимание уделял Е.М.Сергеев. В 1979 г. он писал: «Проблемой огромного практического значения является количественный прогноз возникновения экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов в пространстве и во времени и интенсивности их проявления с целью предотвращения или уменьшения вредного воздействия этих процессов. Решение этой проблемы, в частности, позволило бы дать надежное инженерно-геологическое обоснование строительству крупных сооружений.

Советские инженеры-геологи с помощью современных достижений, уже используемых в инженерной геологии, должны проникнуть в существо геологических процессов с тем, чтобы выявить до сих пор неизвестные закономерности и взять на вооружение более совершенные методы изучения инженерно-геологических условий в целом и отдельных факторов и внести ощутимый вклад в обоснование строительства» (Сергеев, Чуринов, 1979). Е.М.Сергеев считал проблему прогнозирования – главной проблемой инженерной геодинамики (Теор. основы..., 1985, т.1., с. 12).

Данная проблема может рассматриваться как подпроблема вышеизложенной общей проблемы 4 прогнозирования ПТС. Между тем Г.К.Бондарик и др. выделяют прогнозирование ЭГП не как теоретическую, а как прикладную проблему инженерной геодинамики (экзогеодинамики), что на наш взгляд не верно. Они пишут: «Прогнозирование экзогенных геологических процессов является основной прикладной задачей экзогеодинамики. Под прогнозированием ЭКП понимается научно обоснованное предсказание изменения свойств и структур литосферы в физическом времени,

[1] Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики / Труды Международной научной конференции (2-3 февраля 2006 г.) // Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М., Изд-во Московского университета, 2006.

обусловленное взаимодействием с другими сферами» (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007). В последней фразе авторы противоречат сами себе: составление научно обоснованного предсказания не может являться прикладной задачей – это задача сугубо теоретическая. Но после того, как методика прогнозирования научно обоснована, то её применение может быть нацелено и на решение прикладных задач.

Как известно, в настоящее время прогноз развития геологических и инженерно-геологических процессов осуществляется тремя группами методов: 1) методы аналогий (прамых и косвенных); 2) методами математического моделирования (детерминированные и стохастические) и 3) методами физического моделирования. Все три группы методов обладают и определенными достоинствами, и определенными недостатками, но ни одна из них не обеспечивает возможность создания прогноза с достаточно высокой степенью достоверности.

В этой связи научные содержательные задачи инженерной геодинамики, которые необходимо решить для разработки данной проблемы, в настоящее можно сформулировать так:

Задача 9-1. Разработать надежные методы прогнозирования геологических и инженерно-геологических процессов с достаточно высокой степенью достоверности.

Проблема 10 (управления массивами (процессами)). Как обосновать эффективные способы управлениями массивами (процессами)?

Согласно В.Т.Трофимову (2005), научные содержательные задачи инженерной геодинамики, которые необходимо решить для разработки данной проблемы, в настоящее время выглядят так:

Задача 10-1. Разработать новые методы и геологически обоснованные методики (технологии) управления состоянием и свойствами массивов грунтов с целью *сохранения ими устойчивости в ходе природной эволюции и взаимодействия с инженерными сооружениями.*

Проблема 11 (оценки изменённости массивов). Каковы закономерности изменения (измененности) массивов под влиянием природных и техногенных факторов?

Согласно В.Т.Трофимову (2005), научные содержательные задачи инженерной геодинамики, которые необходимо решить для разработки данной проблемы, в настоящее время выглядят так:

Задача 11-1. Усовершенствовать теорию и методы оценки устойчивости массивов грунтов к природным и техногенным воздействиям с точки зрения обеспечения устойчивого функционирования инженерных сооружений и их комплексов.

Задача 11-2. Разработать теорию и методику оценки измененности массивов грунтов под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека и ее инженерно-геологического значения.

Задача 11-3. Усовершенствовать теорию и методику инженерно-геологического *обоснования схем инженерной защиты территорий и сооружений от природ*ных и антропогенных геологических процессов для обеспечения нормального функционирования инженерных объектов и комплексов.

3.6. Теоретические проблемы и задачи региональной инженерной геологии

В 1970 г. В.Д.Ломтадзе, рассматривая основные задачи инженерной геологии, так сформулировал задачи, относящиеся к региональной инженерной геологии: «Изучение территории СССР с целью выявления закономерностей изменения инженерно-геологических условий для рационального планирования размещения крупного строительства и мелиоративных работ по улучшению территорий. Организация работ по кадастру инженерно-геологических данных» (Ломтадзе, 1970). Как видно, в этом перечне обозначена в самом общем виде лишь основная цель исследований региональной инженерной геологии, а не конкретные задачи, которые необходимо решать в рамках данного раздела.

Е.М.Сергеев важнейшей задачей региональной инженерной геологии считал детальное изучение инженерно-геологических условий отдельных регионов страны и составление инженерно-геологических карт. В частности он писал: «Не менее важно продолжить работу в плане более детального освещения геологических условий по отдельным регионам страны с составлением инженерно-геологических карт различных масштабов, позволяющих давать предварительные заключения на любом участке территории СССР, запланированной под освоение. Составление указанных карт с описанием инженерно-геологических особенностей закартированной территории обеспечит снижение затрат на предварительные инженерно-геологические обоснования, требующие обычно проведения рекогносцировочных исследований.

Особенно важно изучить инженерно-геологические условия северо-востока нашей страны с тем, чтобы выявить геологические закономерности, которые могут явиться обоснованием для составления схемы инженерно-геологических работ в строительстве. Для заболоченных районов важна разработка не только рациональных направлений исследований, но и правил соблюдения режима эксплуатации воздвигаемых сооружений. Важно также составление инженерно-геологических карт и по заболоченным районам нашей страны, чтобы в ближайшие годы иметь некоторые данные для прогноза возможных изменений природной обстановки под влиянием деятельности человека» (Сергеев, Чуринов, 1979).

Решением данной проблемы стали разработка и издание целого ряда инженерно-геологических карт: инженерно-геологическая карта СССР м-ба 1:2500 000 (ВСЕГЕИ-ВСЕГИНГЕО, 1972); карта грунтовых толщ Западно-Сибирской плиты м-ба 1:1500 000 (ГУЦР, 1972, 1974); инженерно-

геологическая карта Западно-Сибирской плиты м-ба 1:1500 000 под редакцией Е.М.Сергеева, В.Т.Трофимова и А.С.Герасимовой (ГУЦР, 1974); карта инженерно-геологических условий Нечерноземной зоны РСФСР м-ба 1:1500 000 под редакцией Е.М.Сергеева (ГУГК, 1980); карта грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР м-ба 1:1500 000 под редакцией В.Т.Трофимова (ГУГК,1980); карта грунтовых толщ СССР м-ба 1:7500 000 под редакцией А.В.Груздова (ПНИИИС, 1988) и др.

В 1979 г., рассматривая теоретические и прикладные проблемы региональной инженерной геологии, Е.М.Сергеев и М.В.Чуринов отмечали, что: «Одной из таких проблем является инженерно-геологическая типизация территории нашей страны. В настоящее время широко практикуется инженерно-геологическое районирование различных районов в разных масштабах применительно к различным запросам строительства, что может быть использовано для общих теоретических построений и для решения практических вопросов. Однако наряду с районированием проводится инженерно-геологическая типизация территории, до сих пор еще очень слабо разработанная.

В основу инженерно-геологической типизации Земли должен быть положен анализ тектоники, истории геологического развития территории в новейшее время, гидрогеологические особенности и современные ландшафтно-геоморфологические условия. При этом возникает необходимость более широкого внедрения ускоренных инженерно-геологических исследований методами аэро- и космических съемок, анализ которых может дать исследователям надежную основу для дальнейшего инженерно-геологического осмысливания и детализации. Первые результаты исследований показали, что в дальнейшем возможно углубление и расширение применения указанных методов для получения научной информации, сокращающей объемы последующих наземных инженерно-геологических исследований.

Важным звеном данной проблемы должны быть новые методы и приемы инженерно-геологической интерпретации аэро- и космических съемок. При этом необходима разработка методов координации космических и аэросъемок и выявление оптимальных путей их увязки с определением наиболее эффективных их масштабов и получением большого числа показателей природных условий территорий, подлежащих изучению, особенно в районах, недоступных изучению с помощью наземной съемки» (Сергеев, Чуринов, 1979).

Обозначенная здесь Е.М.Сергеевым проблема инженерно-геологической типизации территории страны и Земли в целом в значительной мере была успешно решена последующими исследованиями Е.М.Сергеева и его коллег (Ершова, 1979; Трофимов, 1982; Теор. основы..., 1985; Engineering geology..., 1989; Трофимов, Аверкина, 2007). В этих работах были обоснованы основные принципы и признаки инженерно-геологической типизации крупных территорий, схема типов инженерно-геологических структур Земли, выявлены общие закономерности распределения типов инженерно-геологических структур Земли, а также приведена их характеристика. Таким образом, проблема инженерно-геологической типизации к настоящему времени в значительной мере трансформировалась в ряд крупных теоретических положений и научных закономерностей.

В 1985 г. Е.М.Сергеев так формулировал основную научную проблему региональной инженерной геологии: «...познание закономерностей формирования инженерно-геологических условий крупных геологических регионов и прогноз их изменения под влиянием деятельности человека» (Теор. основы..., 1985, т.1, с.13). По сути здесь Е.М.Сергеевым были обозначены две взаимосвязанные проблемы. В полном объеме эти важнейшие проблемы не решены до сих пор и остаются актуальными и в XXI веке (см. ниже проблемы № 12 и №14).

Согласно В.Т.Трофимову: «Важнейшие теоретические и методические задачи региональной инженерной геологии могут быть представлены следующим перечнем» (Трофимов, Аверкина, 2007, с. 9-10):

1. Изучить природные и техногенные факторы, формирующие и изменяющие инженерно-геологические условия верхних горизонтов земной коры.
2. Классифицировать и систематизировать объекты региональной инженерной геологии.
3. Изучить закономерности формирования инженерно-геологических условий различных структурных зон земной коры, увязать их с современной геологической парадигмой (концепцией мобилизма).
4. Изучить закономерности пространственного распределения инженерно-геологических условий.
5. Выявить и описать всё многообразие инженерно-геологических условий Земли, всех выделяемых в настоящее время типов геотектонических обстановок.
6. Совершенствовать методику и методы региональных инженерно-геологических исследований, автоматизировать их, использовать ГИС-технологии.
7. Продолжить разработку теоретических и методических положений регионального инженерно-геологического прогнозирования (прогнозирования пространственно временного изменения инженерно-геологических условий в процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека).
8. Развить эволюционный подход к решению ретроспективных и прогнозных задач региональной инженерной геологии.
9. Продолжить разработку теории и методики регионального инженерно-геологического мониторинга.

Прикладные задачи региональной инженерной геологии сводятся В.Т.Трофимовым к трём позициям (Трофимов, Аверкина, 2007, с. 10):

1) Произвести специальную инженерно-геологическую информацию, обеспечивающую процессы планирования, проектирования, строительства и эксплуатации природно-технических систем (ПТС) разных уровней, а также обеспечить участие инженер-геологов в управлении ПТС на различных этапах ее функционирования (Бондарик, 1966).
2) Использовать региональную инженерно-геологическую информацию для оптимизации объемов, пространственного размещения и режима изысканий.
3) Составить инженерно-геологические описания отдельных районов и регионов с целью разработки научно-обоснованных рекомендаций по их рациональному использованию.

Учитывая вышеизложенное и суммируя обозначенные разными авторами одинаковые проблемы или задачи региональной инженерной геологии, можно дать им такой перечень:

Проблема 12 (формирование ИГУ регионов). В чём состоят закономерности формирования инженерно-геологических условий крупных геологических регионов?

По мнению Е.М.Сергеева, решение данной проблемы должно достигаться на генетических основах: «...равнозначными в инженерно-геологическом отношении могут быть участки земной коры, пережившие совершенно одинаковый или очень схожий ход геологического развития и находящиеся в настоящее время в одинаковых или близких условиях экзогенной тепло- и влагообеспеченности. Поэтому познание закономерностей формирования инженерно-геологических условий любой территории (любого объема геологической среды) должно основываться на анализе историко-геологического и генетического пугей становления тех геологических черт местности, которые определяют инженерно-геологические условия» (Теор. основы..., 1985, т.1, с.13).

Проблема 13 (собственно районирования). Как учесть иерархию природных геологических тел и техногенных систем при инженерно-геологическом районировании территорий?

Г.К.Бондарик (1996) среди вышерассмотренных общетеоретических задач инженерной геологии выделил задачу, напрямую относящуюся к региональной инженерной геологии – вопросам районирования:

Задача 13-1. Усовершенствовать представления об иерархии системы инженерно-геологического районирования территории.

Проблема 14 (регионального прогнозирования). Как обеспечить прогнозирование изменения ЛТС и ПТС под влиянием деятельности человека на региональном уровне, включая национальный и глобальный?

Как отмечено выше, Е.М.Сергеевым данная проблема формулировалась несколько иначе и связывалась не с региональными ЛТС или ПТС, а с региональными инженерно-геологическими условиями: «... прогноз их [т.е. региональных инженерно-геологических условий, прим. авт.] изменения под влиянием деятельности человека» (Теор. основы..., 1985, т.1, с. 13). Однако, в современном понимании здесь речь идет по сути об одной и той же проблеме – прогнозировании изменения инженерно-геологических условий функционирования региональных ЛТС (ПТС) под влиянием деятельности человека. Для глобальных ПТС эта проблема принимает глобальный характер (глобальное значение).

Сложность решения данной проблемы в полном объеме лимитируется тем обстоятельством, что в настоящее время не существует прогнозов экономического и хозяйственного развития крупных административных регионов России. Об их будущем развитии можно строить лишь некоторые догадки, и то лишь на ближайшую перспективу. Поэтому прогнозирование масштабов и характера техногенных воздействий на ИГУ крупных регионов остается не определенным по своим исходным условиям.

Однако выходом из данной ситуации может стать составление серий прогнозов для различных «сценариев» экономического и хозяйственного развития регионов. Таким образом, прогнозирование изменения ИГУ крупных регионов под влиянием хозяйственной деятельности также должно решаться для разных «сценариев».

В отличие от вышерассмотренной проблемы прогнозирования развития грунтового массива, ЛТС, ПТС здесь рассматривается проблема регионального масштаба – прогнозирование систем на региональном (местном, национальном и глобальном) уровне. На важность решения данной проблемы, увязывая её с типологическим инженерно-геологическим районированием, указывали С.А.Акинфиев и И.С.Комаров, которые писали: «Проблема составления регионально-временных прогнозов является одной из наиболее сложных в инженерной геологии, так как в этом случае прогнозы должны быть распространены на всю территорию независимо от того, насколько хорошо изучены или освоены отдельные ее части, и, кроме того, они должны учитывать не только все основные виды массового строительства, но и многие другие мероприятия, которые рассмотрены выше. Рассчитывать на использование данных наблюдений за динамикой систем, чтобы так или иначе распространить их на будущее, в этом случае не приходится, поскольку они могут либо полностью отсутствовать, либо существовать только по очень ограниченному числу пунктов. В этих условиях единственную реальную возможность составления более или менее надежных прогнозов и оценок может обеспечить только типизация и классификация инженерно-геологических условий (или геологических систем по принятой нами терминологии) с последующим обобщением данных наблюдений, опыта изысканий, проектирования и строительства сооружений по отдельным выделенным классификационным подразделениям. Такой подход создает также необходимую основу для экстраполяции любых закономерностей, установленных в одних

районах Советского Союза, на другие районы, если есть уверенность в том, что в инженерно-геологическом отношении они могут считаться однотипными.

Практическая реализация этих идей связана с осуществлением типологического или регионально-типологического инженерно-геологического районирования территорий» (Акинфиев, Комаров, 1979).

Выше нами указывалось, что Г.К.Бондарик (1996) в связи с проблемой прогнозирования сформулировал необходимость решения ряда задач, суть которых для региональной инженерной геологии, можно свести к следующей задаче:

Задача 14-1. [Разработать методы] диагностики и прогнозирования состояний однородных и неоднородных ПТС локального, регионального и национального уровней [?] (В квадратных скобках – дополнение авторов).

3.7. Теоретические проблемы и задачи инженерной геологии небесных тел

Проблема 15. Каковы инженерно-геологические условия и особенности поверхностных отложений Луны, Марса, Фобоса, Венеры, Меркурия и др. небесных тел, влияющие на посадку автоматических космических аппаратов, пилотируемых космических кораблей и строительство на них космических станций? (формулировка авторов).

Пока данная проблема в основном является открытой, несмотря на обширную новую информацию о грунтах разных небесных тел, получаемую с различных посадочных аппаратов. С полетами человека на Луну (американская программа «Аполлон 11-17» 1969-1972 гг.) и работой там автоматических станций, созданием луноходов и т.п. возникло лунное грунтоведение (или «грунтоведение Луны») – первое научное направление в области инженерной геологии планет, инициаторами которого были советские исследователи[1]. Тем не менее, даже после посадки космонавтов на Луну, инженерно-геологические условия этого спутника Земли изучены явно недостаточно, многие районы Луны вообще не посещались автоматическими аппаратами и их грунты остаются не исследованными (рис.3.7.1). Пока в какой-то мере изучены лунные грунты лишь самого верхнего слоя, но практически нет информации об инженерно-геологических особенностях лунных грунтов более глубоких горизонтов в разных районах этого спутника. Отсутствуют надежные сведения об экзогенных геологических процессах на Луне, их региональных закономерностях развития и т.д.

Игорь Иванович Черкасов (1912-1988)

Мы все больше и больше получаем новой информации о грунтах Марса и развитии на нём различных эндогенных и экзогенных геологических процессов. На наших глазах происходит становление грунтоведения Марса. Однако в целом инженерно-геологические особенности Марса и его спутников (Фобоса и Деймоса) остаются практически не изученными. В то же время начавшиеся в США и России программы подготовки пилотируемого полета на Марс, разработка международного космического проекта такого полета требуют более точной и более надежной информации об инженерно-геологических условиях этой планеты.

Не менее актуальны вопросы инженерно-геологических условий поверхности Венеры, Меркурия, а также других космических тел – спутников, крупных астероидов и т.п., на которые уже запускаются автоматические посадочные аппараты или готовятся соответствующие проекты.

Решение указанной проблемы в целом может быть достигнуто лишь путем создания нового научного направления – «инженерной геологии космических тел» или «космической инженерной геологии» (вариант названия – «инженерная планетология»), в рамках которой объединились бы инженерно-геологические исследования различных планет, их спутников, астероидов и др. космических тел с целью их освоения. Космическая инженерная геология в будущем, несомненно, станет важной составной частью сравнительной планетологии или геологии космических тел. Пока создаются и развиваются лишь отдельные научные разделы космической инженерной геологии. Однако уже сейчас, по нашему мнению, можно обозначит эти основные разделы.

К ним относятся: 1) космическое грунтоведение – направление космической инженерной геологии, изучающее грунты различных космических тел с целью их освоения; 2) космическая инженерная геодинамика – направление космической инженерной геологии, изучающее всё многообразие эндогенных и экзогенных геологических процессов; 3) космическая региональная инженерная геология – направление космической инженерной геологии, изучающее региональные закономерности формирования инженерно-геологических условий космических тел с целью их освоения.

Из вышеуказанной проблемы 1 вытекают следующие актуальные, но пока не решенные задачи инженерно-геологической направленности или задачи космической инженерной геологии:

Задача 15-1. Изучить грунтовые условия (инженерно-геологические особенности грунтов) Луны,

[1] См., например, работы: Черкасов И.И., Шварев В.В. Начала грунтоведения Луны. – М., Наука, 1971; Черкасов И.И., Шварев В.В. Грунт Луны. – М., Наука, 1975; Черкасов И.И., Шварев В.В. Грунтоведение Луны. – М., Наука, 1979 и др.

Марса, Фобоса, Венеры, Меркурия и др. небесных тел с целью обеспечения благополучной посадки космических аппаратов и пилотируемых космических кораблей, строительство космических станций (формулировка авторов).

Рис.3.7.1. Г.Шмидт – первый геолог на Луне за отбором образцов

Эта и следующая задачи должны решаться в рамках космического грунтоведения.

Задача 15-2. Смоделировать и создать в земных условиях грунты-аналоги поверхностных отложений различных небесных тел – Луны, Марса и др. с целью разработки автоматических космических посадочных аппаратов и пилотируемых космических кораблей (формулировка авторов).

Решение данной задачи тесно связано с предыдущей, т.к. оно возможно только при получении достоверной информации о составе, строении, состоянии и свойствах грунтов поверхностных отложений изучаемых космических тел. Имея эту информацию, подобрать на Земле соответствующие природные грунты-аналоги или создать искусственные грунты-аналоги с заданными свойствами не так уж сложно. Эта задача уже относительно успешно решается при создании грунтов-аналогов Луны и Марса, однако, для других космических тел создание грунтов-аналогов пока проводится с низкой долей вероятного соответствия их оригиналу.

Не менее трудный вопрос представляет моделирование на Земле «работы» созданного грунта-аналога в соответствующих космических условиях, т.е. при наличии невесомости, глубокого вакуума, широкого спектра колебания низких и высоких температур, действии радиации и т.п. Задачи 1 и 2 должны решаться в рамках выше обозначенного космического грунтоведения.

Задача 15-3. Изучить эндогенные и экзогенные геологические процессы на поверхности Луны, Марса, Фобоса, Венеры, Меркурия и др. небесных тел, влияющие на* условия посадки космических аппаратов и пилотируемых космических кораблей, строительство космических станций (формулировка авторов).

Данная задача должна решаться в рамках космической инженерной геодинамики.

Задача 15-4. Изучить региональные инженерно-геологические условия космических тел, влияющие на условия посадки космических аппаратов и пилотируемых космических кораблей, строительство космических станций (формулировка авторов).

Эта задача должна решаться в рамках космической региональной инженерной геологии.

Таким образом, обозначенные здесь лишь в самом общем виде актуальные задачи космической инженерной геологии свидетельствуют о её возрастающей востребованности, о большом будущем этого нового научного направления и широких перспективах его развития.

3.8. Структурно-прикладные проблемы и задачи инженерной геологии

В соответствии с выше обозначенной проблематикой (см. табл.3.1) можно выделить две группы прикладных проблем современной инженерной геологии: научно-организационные и нормативно-методические.

3.8.1. Структурные и научно-организационные проблемы

Инженерная геология как самостоятельная отрасль геологической науки и у нас, и за рубежом оформилась под влиянием запросов инженерно-строительного дела, строительной практики (Акинфиев, Комаров, 1979). Но при этом организация инженерной геологии, как науки, у нас в стране отличалась и отличается от зарубежной. Отечественная инженерная геология с самого начала своего оформления носила комплексный характер, обусловленный привлечением в инженерную геологию и в её структуры (организации) специалистов и методов многих смежных наук (математики, механики грунтов, строительного дела, почвоведения, физической химии и т.п.). В зарубежной инженерной геологии, как правило, геологические исследования выполнялись одними организациями и специалистами, а геотехнические – другими.

Организация науки и управление её развитием в любой стране должны быть направлены на наиболее эффективное решение возникающих насущных проблем, связанных с развитием общества. Причем в этом случае речь идет именно об управлении развитием науки, а не о руководстве наукой как таковой. Система руководства наукой должна строиться с учетом наиболее благоприятного сочетания централизации и автономности. Автономность развития науки является её историческим завоеванием и отражается в автономности работы академий, университетов и многих вузов. Это в полной мере относится и к инженерной геологии.

Научно-организационные проблемы призваны решать насущные вопросы, связанные с организацией инженерной геологии, как науки, в нашей стране. Эти проблемы, в первую очередь, отражают те боль-

шие изменения, которые произошли с инженерной геологией за последние десятилетия в организационном плане, а также с принятой в тот или иной исторический отрезок времени парадигмой инженерной геологии и геологии в целом.

Напомним, что под парадигмой понимают особый способ организации научного знания, задающий то или иное исходное видение мира и соответственно образцы или модели постановки и решения исследовательских задач, господствующий в научном сообществе в течение определенного исторического периода (Добреньков, Осипова. 2009). Кратко говоря, парадигма – это модель решения крупной научной проблемы.

На начальных стадиях своего оформления и становления (в 1920-1960-е гг.) инженерная геология в основном опиралась на классическую парадигму геологии, доминирующую в то время, в основе которой лежала теория геосинклиналей. В 1970-1980-е годы в геологии стала преобладать парадигма мобилизма, основанная в разных вариантах на теории тектоники плит (Хаин и др., 2008), что также нашло свое отражение в инженерной геологии (Трофимов, Аверкина, 2007).

Кроме того, в истории развития отечественной инженерной геологии был драматический этап, связанный с распадом СССР, который оказал сильное отрицательное влияние на разные научные направления страны, в том числе и на инженерную геологию. Многими инженер-геологами начавшаяся перестройка и последующий за ней период 1990-1995 гг. развития отечественной инженерной геологии по праву назывался кризисным (Иванов, 1996; Королев, 1996).

Так, например, И.П.Иванов (1996) отмечал, что этот этап называется «кризисным, но не потому, что инженерная геология оказалась неподготовленной к решению новых задач, а потому, что эти задачи не ставятся обществом на современном уровне научно-технического прогресса». Но такая точка зрения выглядит, по меньшей мере, странной. Как общество может формулировать подобные задачи? Очевидно, в этом случае речь должна вестись не об обществе, а о государственных органах управления, выдвигающих актуальные проблемы и задачи и обеспечивающих их финансирование и выполнение.

В условиях перехода нашего общества от социализма к новой политико-экономической формации, начиная с 1991 г., естественно сместились приоритеты в постановке государственными органами управления перед наукой новых задач, в их финансировании, в законодательном обеспечении и т.п. Но потребности самого общества в сфере действия инженерной геологии не изменились: как и раньше население остается заинтересованным в инженерно-геологическом обеспечении безопасным жильём, надежном (в том числе и в эколого-геологическом отношении) строительстве жилых и промышленных сооружений, в создании систем инженерной защиты от опасных и неблагоприятных геологических процессов и т.д. Все эти потребности общества можно назвать одним сочетанием – рациональное инженерно-геологическое освоение и использование территорий, которое изначально и обеспечивала инженерная геология. Эта потребность является вечной, она будет существовать до тех пор, пока жив Человек. Но, если раньше об обеспечении рационального инженерно-геологического освоения и использования территорий заботилось государство в лице разветвленной сети научно-исследовательских институтов и территориальных инженерно-геологических служб (ТИСИЗов), финансируемых из бюджета государства, то после распада СССР эта система рухнула.

Образовавшийся вакуум управления инженерно-геологическим обеспечением страны сразу же дал о себе знать в виде многочисленных техногенно-природных аварий и катастроф различного масштаба, обрушившихся валом на Россию в период с 1990-х гг. и продолжающихся и по сей день. Пренебрежение нормами безопасности инженерно-геологического освоения территорий, давно разработанными в области инженерной геологии, приводит к тяжелым последствиям, финансовым потерям, катастрофам на различных объектах, в том числе режимных, и многочисленным человеческим жертвам, ликвидацией последствий которых то и дело занимается МЧС РФ. Региональные органы власти оказались не подготовленными к решению конкретных инженерно-геологических задач, прежде всего потому, что в их органах управления не осталось специалистов инженер-геологов, способных решать и предвидеть эти проблемы.

При этом МЧС РФ, у которого на наш взгляд должны быть функции чрезвычайного реагирования на создавшиеся непредвиденные катастрофические ситуации, вынуждено заниматься не свойственными ему функциями оценки инженерно-геологического риска и опасности на территориях РФ, профилактическими инженерно-геологическими мероприятиями на территориях, организацией систем инженерной защиты территорий и т.п.

В итоге сложившаяся в настоящее время в стране ситуация такова, что сейчас вообще более рационально передать в МЧС РФ все оставшиеся в стране инженерно-геологические структуры. Однако они теперь стали преимущественно частными предприятиями, акционерными обществами и управление ими государством исключено. Получился замкнутый круг: для управления сложившейся инженерно-геологической ситуацией на территориях России нужны эффективные механизмы управления, но они уничтожены; оставшиеся частные инженерно-геологические организации занимаются в основном изысканиями под строительство новых объектов и не обеспечивают систем инженерной защиты территорий и их рационального использования. В итоге инженерно-геологической защитой территорий по-сути никто не занимается, а вспоминают о ней лишь после очередной катастрофы, череда которых в России не прекращается.

Таким образом, отмеченные здесь болевые точки и не решенные проблемы развития современ-

ной инженерной геологии являются не научными, а научно-организационными, решаемыми на уровне государственного регулирования научных исследований. В этом вопросе решающее слово должны сказать Правительство РФ и соответствующие отделения Российской академии наук (РАН). Реальные пути выживания и развития инженерной геологии в России на её этапе развития к 1996 г. были сформулированы Ю.Ф.Захаровым (1996), однако многие из них остаются до сих пор не реализованными.

Однако, вернемся к поставленному выше вопросу: кто должен формировать задачи перед инженерной геологией? Из возможных альтернативных вариантов (общество или население, государство или органы госуправления, сами ученые) следует склониться к последнему варианту – ученые. Население осознает потребности в рациональном инженерно-геологическом освоении территорий скорее интуитивно, но оно не способно сформулировать задачи, т.к. оно научно не подготовлено к этому.

Государственные органы управления в сложившейся ситуации (когда менеджеры преобладают над специалистами в данной области, в нашем случае – в области инженерной геологии) также не способны эффективно поставить и решить актуальные задачи инженерной геологии. Остается само научное сообщество инженер-геологов, которое сейчас сконцентрировано в немногочисленных отраслевых и академических институтах, так или иначе связанных с инженерной геологией (ВСЕГИНГЕО, ПНИИИС, Гидропроект), а также в РАН и в высших учебных заведениях (университетах, академиях и вузах). В сложившейся ситуации роль последних, на наш взгляд, особенно велика, т.к. именно в университетах и вузах сохранился контингент подготовленных и высококвалифицированных ученых инженер-геологов, способных профессионально ставить и решать наиболее актуальные задачи инженерной геологии, а также заниматься подготовкой высококвалифицированных инженер-геологов: специалистов, магистров, кандидатов и докторов наук.

Особую проблему составляет необходимость совершенствования деятельности саморегулируемых организаций (СРО), созданных в рамках инженерной геологии и призванных как бы заменить организующую роль ТИСИЗов для изыскателей. Одной из таких СРО является Ассоциация инженерных изысканий для строительства (СРО АИИС) – самая крупная в стране саморегулируемая организация изыскателей, в состав которой к 2015 г. входило 1820 организаций и индивидуальных предпринимателей (рис.3.8.1). Основными целями «АИИС» являются: 1) объединение юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, работы и/или предпринимательская деятельность которых связана с выполнением инженерных изысканий; 2) повышение качества инженерных изысканий; 3) содействие развитию инженерно-изыскательской отрасли; 4) выработка единой технической политики производства инженерных изысканий; 5)представление законных интересов членов «АИИС» перед органами государственной власти и органами местного самоуправления; 6) содействие членам «АИИС» в расширении и развитии их предпринимательской деятельности; 7) формирование цивилизованного рынка изыскательских услуг в Российской Федерации; 8) предупреждение причинения вреда жизни или здоровью физических лиц, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации вследствие недостатков работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства и выполняются членами «АИИС».

Рис.3.8.1. М.И.Богданов и В.Г.Коваленко в президиуме общего собрания АИИС, 2012 г.

Организационных проблем, в связи с деятельностью СРО АИИС и других СРО, в нашей стране хватает. Изыскательские СРО, в свою очередь, объединяются в Национальную организацию изыскателей (НОИЗ).

В связи с этими вопросами, среди научно-организационных проблем инженерной геологии можно выделить следующие:

Проблема 16 (совершенствования системы инженерно-геологических изысканий). Как обеспечить совершенствование системы инженерно-геологических изысканий для строительства и иных видов хозяйственного освоения территорий.

В настоящее время совершенствование системы инженерных изысканий для строительства и иных видов хозяйственного освоения территорий осуществляется в рамках деятельности Национальной организации изыскателей (НОИЗ), под эгидой которой созданы и работают многочисленные саморегулируемые организации (СРО). Как обеспечить наиболее эффективную работу Саморегулируемой организации Ассоциации инженерных изысканий для строительства (СРО АИИС) с целью развития инженерно-изыскательской отрасли? Согласно В.Т.Трофимову (2010) проблема совершенствования системы СРО инженерных изысканий для строительства требует решения следующих задач:

Президент НОИЗ Леонид Григорьевич Кушнир

Задача 16-1. Совершенствовать организационную структуру НОИЗ с целью повышения эффективности её работы и координационной деятельности.

Задача 16-1. Совершенствовать работу СРО АИИС, направленную на развитие инженерно-изыскательской отрасли и института саморуглерирования в стране.

Проблема 17 (совершенствования структуры инженерной геологии в стране и системе РАН). Как организовать наиболее эффективную структуру инженерной геологии в стране и системе (подразделениях, институтах и др.) Российской академии наук?

В настоящее время в системе РАН действует Научный совет по геоэкологии, инженерной геологии и мерзлотоведению, возглавляемый академиком В.И.Осиповым, в задачи которого, в том числе, входит координация деятельности различных институтов подразделений РАН по вопросам инженерной геологии. В совет входят многие видные ученые инженер-геологи страны. Решения совета носят рекомендательный характер для инженер-геологов и поэтому их действенность, как и действенность совета в целом, не высока.

Кроме того, к решениям Научного совета, большинство которых вырабатывается по наиболее актуальным проблемам инженерной геологии и тщательно обосновывается учеными, не прислушивается руководство РАН, а также правительство РФ в лице разных министерств и их ведомств, так или иначе связанных с инженерной геологией. В этой связи проблема организационного совершенствования инженерной геологии в системе РАН стоит особенно остро. Для её разработки по нашему мнению необходимо решение следующих организационных задач:

Задача 17-1. Расширить права и обязанности Научного совета по геоэкологии, инженерной геологии и мерзлотоведению при РАН.

Задача 17-2. Организовать академический институт по инженерной геологии в системе РАН.

Проблема 18 (прогноза развития инженерной геологии). Каково будущее развития инженерной геологии?

Эта проблема рассматривалась выше (см. Главу 1). Среди задач, нацеленных на ее решение, следует особо указать нижеследующую:

Задача 18-1. Не допустить возврата инженерной геологии в лоно вспомогательных дисциплин и прикладных наук.

3.8.2. Нормативно-методические проблемы

Важнейшей прикладной проблемой инженерной геологии является создание обоснованной нормативно-методической базы инженерно-геологических исследований и инженерных изысканий. Эта проблема важна не только для отечественной инженерной геологии. Как известно, во многих странах Евросоюза действуют свои международные строительные стандарты – Еврокоды, разработка и внедрение которых началось с 1970-х гг. Непосредственно инженерной геологии и инженерных изысканий касаются Еврокод-7 и Еврокод-8.

В стандарте Еврокод-7 (Eurocode 7)[1] рассматриваются вопросы геотехники, а также требования к устойчивости, пригодности к использованию и долговечности зданий и сооружений. Численные значения для расчета воздействий приведены в EN 1990. Воздействия, связанные со строительными грунтами (давления грунта и т. п.), определяются согласно стандарту EN 1997-1. В стандарте EN 1997-2 приведены требования к полевым и лабораторным испытаниям, а также оценка результатов проведенных испытаний.

В стандарте Еврокод-8 (Eurocode 8)[2] рассматриваются вопросы проектирования, расчета параметров и конструкционных особенностей зданий и сооружений, находящихся в сейсмоопасной зоне. Цель данного нормативного документа – как можно точнее определить, что в случае землетрясения: полностью отсутствует угроза человеческой жизни, материальный ущерб сведен к минимуму, сооружения, предназначенные для защиты населения, находятся в полной функциональной готовности

Разработкой и совершенствованием Еврокодов постоянно занимаются на разных уровнях, в том числе на международном. Так, например, в 2008 г. под эгидой Международного общество по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению (ISSMGE) в г.Струга (Македоня) прошел Международный семинар по Еврокоду 7 и геотехнических аспектах Еврокода 8.

[1] EN 1997 EUROCODE 7. (Геотехника. Проектирование, расчеты, параметры) Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik). Включает в себя две части: EN 1997-1 (Часть 1. Общие правила); EN 1997-2 (Часть 2: Лабораторные и полевые испытания для геотехнических измерений).

[2] EN 1998 EUROCODE 8 (Проектирование сейсмоустойчивых строительных конструкций) Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben. Включает в себя части: EN 1998-1 (Основные положения, воздействия при землетрясении и правила для высотных зданий); EN 1998-2 (Мосты); EN 1998-3 (Оценка и санация зданий); EN 1998-4 (Силосные башни, резервуарные конструкции, трубопроводы); EN 1998-5 (Устройство фундаментов, опорные конструкции, геотехника); EN 1998-6 (Башни, столбы и дымоходы).

В СССР, а затем в России для этих же целей в области инженерной геологии были разработаны многочисленные методические пособия и рекомендации, СНиПы, СП и ГОСТы. Однако, большинство этих документов, особенно нормативного обеспечения, было создано ещё в советский период и в новых реалиях современной России оказалось документами свободного (не обязательного) применения.

В настоящее время образовался своеобразный «вакуум» нормативных документов для инженерных изысканий, при котором старые документы не обязательны к применению, а новые ещё не созданы. В такой ситуации есть опасность резкого ухудшения качества инженерно-геологических изысканий, что может привести в свою очередь к снижению качества проектирования и строительства самих сооружений и созданию аварийных ситуаций.

30 июня 2015 года подписан приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 470/пр «Об утверждении Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных сводов правил, строительных норм и правил на 2015 г. и плановый период до 2017 г.». Также Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 3 июня 2015 г. N 394/пр был утвержден Порядок разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил в сфере строительства в Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

Согласно части 4 статьи 6 Федерального закона от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" национальные стандарты и своды правил (части таких стандартов и сводов правил) являются обязательными для применения, в случае если они включены в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона N 384-ФЗ. Вместе с тем Федеральным законом N 384-ФЗ установлены минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям (в том числе к входящим в их состав сетям инженерно-технического обеспечения и системам инженерно-технического обеспечения).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. N 1521 утвержден актуализированный Перечень N 1521. По состоянию на август 2015 г. в России действовало 34 ГОСТа применяемых в изысканиях на добровольной основе.

Тем не менее, проблем в области нормативно-технической документации остается много, в частности – при разработке новых или актуализации старых стандартов и норм.

Исходя из этого, среди нормативно-методических проблем современного этапа развития инженерной геологии можно выделить следующие:

Проблема 19 (совершенствования нормативно-методической базы). Как усовершенствовать действующую нормативно-методическую базу инженерной геологии? Какие документы должны быть подготовлены?

В связи с вышеизложенным среди прикладных проблем в настоящее время весьма актуальна проблема совершенствования методической и нормативной базы инженерных исследований и инженерных изысканий для строительства.

Рис.3.8.2. VI-я Общероссийская конференция «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации», Москва, 2010 г.

Задача 19-1. Определить разработчиков и подготовить к утверждению основные национальные стандарты, обеспечивающие нормативно-методическую базу инженерных изысканий для строительства.

Проблема 20. (разработки технических регламентов инженерных изысканий для строительства). Как наиболее эффективно разработать технические регламенты инженерных изысканий для строительства?

Согласно В.Т.Трофимову (2010) проблема совершенствования регламентов инженерных изысканий для строительства требует решения следующих задач:

Задача 20-1. Разработать технические регламенты в сфере инженерных изысканий – необходимо определить их перечень и содержание, а также разработчиков.

Задача 20-2. Исключить «инженерно-геотехнические изыскания» из перечня видов изысканий или вернуть их в систему инженерно-геологических изысканий.

Введение «инженерно-геотехнических изысканий» без широкого обсуждения этого вопроса, их выделение из системы инженерно-геологических изысканий, было серьезной ошибкой.

Проблема 21. Как разработать методику перехода от параметров свойств грунтов в образце к расчетным показателям этих свойств в массиве?

По мнению А.И.Шеко[1], высказавшего эту проблему в 1996 г., данная прикладная проблема останется одной из основных в грунтоведении первой половины XXI века. Для её реализации необходимо решить следующую задачу:

[1] Шеко А.И., 1996, с. 76-80

Задача 21-1. Обосновать методику перехода от параметров свойств грунтов, определяемых в образце, к расчетным показателям этих свойств в массиве.

Прикладные задачи современной инженерной геологии в целом также многочисленны по содержанию, их можно свести к трем направлениям (Трофимов, 2005):

Инженерно-геологическое обоснование проектов инженерных сооружений и рационального использования верхних горизонтов земной коры для их размещения (в более широком плане — для осуществления инженерно-хозяйственной деятельности).

Оценка влияния природных и техногенных воздействий на состояние исвойства грунтов и их массивов как оснований и вместилищ инженерных сооружений.

Соучастие в осуществлении практического управления природно-технической или природной литосистемой с целью сохранения обеспечения ими своих функциональных особенностей.

Таким образом, рассмотренный выше комплекс актуальных в настоящее время и пока не решенных проблем инженерной геологии, составляющий её проблематику, весьма обширен и определяет направления дальнейших исследований инженерной геологии на ближайшую перспективу.

Глава 4.
МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

4.1. Инженерно-геологическая информация, её свойства, способы получения и обработки

4.1.1. О роли информации и фактов в геологии и инженерной геологии

Информация – специфическая форма взаимодействия между объектами любой физической природы илм, точнее такой аспект взаимодействия, который несет в себе сведения о взаимодействующих объектах (Бондарев, 2013). С другой стороны информацию часто определяют как меру организованности системы в противоположность понятию энтропия как меры неорганизованности (Бриллюэн, 1960; Перегудов, Тарасенко, 1989).

Исторически понятие энтропии как меры неорганизованности системы было введено в термодинамике в середине XIX в. Р.Клаузиусом. Позже Л.Больцман дал статистическую интерпретацию энтропии как меру вероятности пребывания системы в конкретном состоянии. В состоянии равновесия энтропия системы (неупорядоченность) максимальна. После построения в середине XX в К.Э.Шенноном теории информации оказалось, что формула Больцмана для термодинамической энтропии и формула Шэннона для информационной энтропии тождественны.

Факты — достоверные сведения, «действительное, невымышленное событие, происшествие, явление или твердо установленное основание, на котором строится теория; то, что требует объяснения, даваемого наукой; обозначает всегда нечто единичное» (Шарапов, 1989). Они важны для всех наук, но особенно ценятся историческими науками (где они всегда в дефиците), и в первую очередь прямые, недвусмысленные.

Как отмечал В.Т.Фролов (2004): «Представление В.И.Вернадского (1988) об эмпирическом обобщении — основа онтологической теоретической базы геологии и фундамент теории развития. Ценность эмпирических обобщений для геологии заключается в их фактологичности, т.е. в том, что они сильно не отрываются от фактов». Исходя из своей идеи о том, что геология по основному содержанию и главному методу является наукой исторической, В.Т.Фролов (2004, с. 88) делает вывод, что главной задачей геологии являются не теоретические построения, а создание фактической истории из простых прямых и косвенных, а также из обобщенных фактов. Но далее он сам же себе противоречит, оговариваясь, что «это невозможно без теории развития (хотя она постоянно меняется) — без гипотез, моделей, догадок и эмпирических обобщений разного уровня».

По-сути факты, исходя из теории информации или геоинформатики, это и есть первичная геологическая информация – т.е. сведения о геологических объектах, представленные в качественной и/или количественной форме.

4.1.2. Инженерно-геологическая информация

Инженерно-геологической информацией называется «комплекс сведений о свойствах литосферы (компонентах инженерно-геологических условий) и ее движении, используемых для оценки ее современного состояния и прогноза экзогенных геологических процессов, включая инженерно-геологические» (Бондарик, 1986).

Эта информация может быть качественной и количественной, хотя современные математические методы позволяют представить практически любую информацию в количественной форме. Для этого применяются: 1) балльные оценки; 2) булевы переменные; 3) численное выражение. Поэтому принципиально возможно любой из компонентов инженерно-геологических условий охарактеризовать количественно, при этом, отнюдь не игнорируя качественные характеристики, а лишь давая их более точное и рациональное выражение (Пендин, 2009).

Вопросам инженерно-геологической информации посвящены работы И.В.Архангельского (1983)[1], Г.К.Бондарика (1986), Н.В.Коломенского, В.В.Пендина (2009) и др.

Инженерно-геологическая информация как система сведений о компонентах инженерно-геологических условий обладает структурой. Структура численных оценок в инженерной геологии представляется в виде: $R = R' + \Delta R$, где R' – неслучайная (детерминированная) компонента геологического параметра; ΔR – случайная компонента (Бондарик, 1986).

По времени получения инженерно-геологическая информация делится на накопленную (ретроспективную) и оперативную информацию. Накопленная информация — это информация, полученная в результате проведенных ранее геологических работ, содержащаяся в литературе, архивах и в информационно-поисковых системах (ИПС). Оперативную информацию получают в процессе производственных инженерно-геологических работ (изысканий) или научных исследований. Инженерно-геологическая информация достаточно дорога (до 1–2% от стоимости ПТС). Однако только в последние годы была осознана необходимость всестороннего неоднократного использования накопленной информа-

[1] Архангельский И.В. Пути повышения качества информации, получаемой разведочным бурением скважин при инженерных изысканиях / Автореф. дис.... канд. г.-м. наук. – Ленинград, Горный ин-т, 1983. 23 с.

ции. Для этого помимо традиционных фондов (архивов) создаются банки инженерно-геологической информации, ИПС разных типов и на различных носителях (Базовые понятия..., 2012).

Инженерно-геологическую информацию характеризуют такие ее свойства, как: 1) замкнутость; 2) полнота; 3) количество (объем); 4) точность; 5) доверительная вероятность.

По форме представления инженерно-геологическая информация делится: 1) на описательную (текстовая часть отчетов, заключений); 2) графическую (карты, разрезы, графики, номограммы); 3) цифровую (показатели свойств геологической среды, параметры состояния литосистемы и пр.); 4) аналитическую (аналитические выражения взаимосвязи свойств геологической среды, ЭГП, функции и поля геологических параметров по координатам геологического пространства и по времени) (Базовые понятия.., 2012).

Кроме того, инженерно-геологическая информация обладает памятью, которая может быть долгой, короткой или вообще отсутствовать. Это свойство особенно важно в разработке вопросов инженерно-геологического прогнозирования. В зависимости от этого следует пользоваться соответственно детерминированными моделями, цепями Маркова или последовательностями Бернулли (Пендин, 2009).

Из вышеизложенного ясно, что одним из центральных вопросов инженерной геологии является получение инженерно-геологической информации, что и достигается в ходе исследования. Для этого могут применяться различные методы.

Характеризуя методы получения информации или инженерно-геологических исследований в целом, можно сказать, что они делятся на две большие группы: 1) теоретические методы, куда входят общенаучные теоретические методы исследований, многие из которых применяются в инженерной геологии; 2) инструментально-аналитические методы, включающие в себя как общенаучные, так и специфические (специальные) методы инженерно-геологических исследований, осуществляемых с помощью различных технических средств.

При этом мы с сожалением вынуждены констатировать, что современная инженерная геология пока не располагает собственным теоретическим методом исследований: существующие на данный момент в инженерной геологии собственные методики теоретических исследований пока не привели к созданию «своего», собственного инженерно-геологического теоретического метода исследований. Рассмотрим подробнее указанные две группы методов научных исследований, применяемых в инженерной геологии.

Кроме того, инженерно-геологическая информация может быть первичной или вторичной. Первичная инженерно-геологическая информация включает в себя сведения, получаемые инженер-геологом при непосредственном изучении объекта (инженерно-геологических условий или их компонентов) в полевых или лабораторных условиях. Вторичная инженерно-геологическая информация является производной от предыдущей, от первичной или иной информации и представляет собой сведения, получаемые при теоретической обработке любой ранее собранной инженерно-геологической информации.

Способы обработки инженерно-геологической информации многочисленны. Среди них на первом месте – математические методы. При этом необходимо иметь ввиду, что, несмотря на значительные возможности математических методов, они не позволяют получить первичную инженерно-геологическую информацию. Первичная инженерно-геологическая информация может быть получена только в основном инструментально-аналитическими методами, рассматриваемыми ниже.

Теоретической основой обработки и комплексного количественного анализа информации в инженерной геологии является синтез системного подхода и концепции поля геологического параметра, рассматриваемые ниже (Бондарик, 1971; Пендин, 2009). При этом вся инженерно-геологическая информация, а точнее информация о конкретных инженерно-геологических условиях должна рассматриваться как система, анализироваться на базе системного анализа с привлечением различных математических способов.

Для всех наук, включая инженерную геологию, характерны два уровня познания – получения информации: эмпирический и теоретический.

Эмпирический уровень познания – совокупность способов получения первичной информации на основе выявления и накопления фактов и их первичной обработки (систематизации). На этом уровне используются методы исследования, опирающиеся на опыт исследователя (чувственно-наглядные методы), называемые эмпирическими. К ним относятся наблюдение, описание, счет и измерение, сравнение и эксперимент, которые могут реализовываться непосредственно исследователем, либо с помощью технических и вспомогательных устройств. Эти методы позволяют получать первичную инженерно-геологическую информацию при непосредственном изучении различных инженерно-геологических объектов (в лабораторных или полевых условиях), а также путем ее первичной обработки (систематизации).

Теоретический уровень познания – совокупность способов получения вторичной информации, позволяющих объяснять собранные факты, выявлять закономерности, обосновывать законы, выдвигать гипотезы и строить теории. Это более высокая ступень научного познания, опирающаяся на рациональное мышление (логику) и теоретические методы исследования, не зависящие от чувственного опыта. К ним относятся: законы логики и общефилософские законы, анализ и синтез, дедукция и индукция, абстрагирование, идеализация, формализация, метод аналогий, обобщение, типизация, классифицирование, математические методы и др. Эти методы в инженерной геологии позволяют получать вторичную инженерно-геологическую информацию в виде различных теоретических обобщений.

Два этих уровня познания – эмпирический и теоретический – взаимно дополняют друг друга, но не противопоставляются. Рассмотрим особенности этих уровней в инженерной геологии.

4.2. Эмпирический уровень познания в инженерной геологии

4.2.1. Наблюдение и описание в инженерной геологии

Наблюденне как общенаучный метод исследований – организованное, целенаправленное, фиксируемое восприятие явлений с целью их изучения в определенных условиях (без вмешательства наблюдателя). Выделяют объект и предмет наблюдения, они связаны с наблюдателем (субъектом), в роли которого и выступает исследователь. С философской точки зрения наблюдение – это взаимодействие субъективного (наблюдатель) и объективного (объект наблюдения).

Наблюдение необходимо отделять от непосредственного восприятия. Под восприятием обычно понимается «чувственный опыт», наивный эмпиризм, восприятие возникает непосредственно с помощью органов чувств, оно не готовится человеком заранее (Радугин и др., 2006).

В отличие от этого, наблюдение – «это восприятие, но только спланированное и подготовленное. Мы не получаем наблюдение (как мы можем получить чувственное восприятие), а делаем его. ...Наблюдению всегда предшествует конкретный интерес, вопрос или проблема – короче говоря, нечто теоретическое» (Поппер, 2002, с.321).

Согласно К.Попперу (2002) «любому наблюдению предшествует проблема, гипотеза, или как бы это ни называть – нечто нас интересующее, нечто теоретическое или умозрительное. Вот почему наблюдения всегда избирательны, и вот почему они всегда предполагают нечто вроде принципа отбора».

Наблюдение, как метод инженерной геологии – это специальным образом организованное (заранее подготовленное), целенаправленное и фиксируемое восприятие объектов грунтоведения, инженерной геодинамики или региональной инженерной геологии с целью их изучения в естественных или техногенно-измененных условиях.

Наблюдение в инженерной геологии применяется в тех случаях, когда вмешательство экспериментатора (исследователя) в ходе исследования может нарушить процесс взаимодействия человека с геологической средой и изучаемыми объектами или когда такое вмешательство нежелательно. Если это вмешательство не желательно или запрещено, то в этом случае и проводится наблюдение. Таким образом, инженерно-геологическое наблюдение – пассивный способ изучения объектов инженерной геологии путем фиксации тех или иных характерных черт, особенностей, событий, явлений, процессов и т.п., на основе обработки которых и судят затем об объекте наблюдения.

Наблюдать за объектом можно не только непосредственно, т.е. целенаправленным созерцанием с помощью органов чувств. Наблюдать можно и с помощью всевозможных технических средств, не оказывающих прямого влияния на изучаемые объекты, не изменяющих эти объекты и не вносящих помех в естественный ход процессов. К таким способам наблюдения относятся фото- и киносъемка, многозональная аэро- и космосъемка, инфракрасная съемка (тепловая или ИК-съемка), радиационная съемка и многие другие наземные и дистанционные виды съемок.

Исходя из вышеизложенного, структуру наблюдения можно представить в виде схемы, показанной на рис.4.2.1.

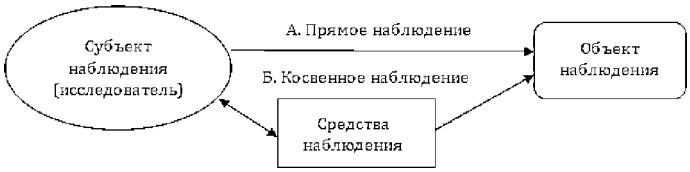


Рис. 4.2.1. Схема наблюдения

Здесь прямое наблюдение (А) представляет сбой непосредственный способ – созерцание (субъект одновременно является и средством наблюдения), а косвенное наблюдение (Б) предполагает использование различных технических устройств и дополнительных средств наблюдения, передающих информацию о результатах наблюдения исследователю (см. рис. 4.2).

Наблюдение – важнейший метод инженерно-геологических исследований, в том числе – мониторинга, широко применяемого в инженерной геологии. В структуре мониторинга геологических, литотехнических и эколого-геологических систем наблюдение составляет его начальную и важнейшую стадию (Королев, 2007). В системе инженерно-геологического мониторинга наблюдения всегда являются целенаправленными, инструментальными, проводимыми по специальной программе.

Очень часто наблюдение, как метод исследования, многие авторы путают с другими общенаучными методами исследований – измерением (тестированием) или экспериментом. При этом забывают о том, что и измерение (тестирование), и эксперимент предполагают (в отличие от наблюдения) активное прямое влияние экспериментатора (или применяемых им устройств) на изучаемый объект. В отличие от этого, при наблюдении никакого влияния на объект наблюдения не оказывается.

При этом возникает необходимость анализа очень важного философского вопроса – обоснование критерия (степени) прямого влияния на инженерно-геологический объект, а также обоснования

того, что же является откликом инженерно-геологического объекта на внешнее воздействие на него при его изучении. Понятно, что лишь зрительное наблюдение (созерцание) исследователем любого инженерно-геологического объекта никак на него не влияет. Но созерцание, как правило, не дает нам количественной информации об инженерно-геологических параметрах объекта (химических, физико-химических, физических, физико-механических и др.), а именно они и интересуют инженер-геолога.

Но как только мы пытаемся получить количественные характеристики (параметры) изучаемого инженерно-геологического объекта, мы неизбежно должны оказать на объект то или иное внешнее воздействие, изучая отклик на которое мы и получаем возможность оценить количественную характеристику этого объекта. Если это воздействие никак не влияет на объект, то оно является инструментальным или косвенным наблюдением (см.рис. 4.2). Но если воздействие вызывает реакцию в объекте, при которой он пусть и немного, но изменяется, то это уже не наблюдение, а иной способ исследования – измерение (тестирование) или эксперимент.

В соответствии с этим можно систематизировать наблюдения, применяемые в инженерной геологии (табл.4.1 и 4.2).

Таблица 4.1

Классификация наблюдений в инжеиерной геологии

№ пп	Вид наблюдений	Принцип выделения
1	Целенаправленное и случайное	Наличие (отсутствие) цели
2	Прямое (непосредственное, созерцание) и инструментальное (косвенное)	Наличие (отсутствие) технических и иных средств наблюдения
3	Сплошное и выборочное (т.е. по отдельным параметрам)	Набор отслеживаемых параметров
4	Полевое и лабораторное	Естественные или искусственные условия
5	Систематическое и несистематическое	Периодичность наблюдений
6	Режимное, инвентаризационное, методическое и т.п.	Назначение в системе мониторинга
7	Точечное, линейное, площадное (2-мерное), объемное (3-мерное), многомерное (n-мерное)	Распределение в пространстве пунктов (точек) наблюдения
8	Дистанционное и наземное	По положению субъекта или средств наблюдения

Этапы наблюдения при инженерно-геологических исследованиях укладываются в определенную рациональную схему последовательных действий: 1) Определение предмета наблюдения, объекта, ситуации и цели. 2) Выбор способа наблюдения и регистрации данных (обоснование и подбор технических средств наблюдений). 3) Создание плана (программы) наблюдения. 4) Выбор метода обработки результатов.5) Собственно наблюдение. 6) Обработка и интерпретация полученной информации.

Таблица 4.2

Методы дистанционных и наземных наблюдеиий в инженерной геологии

№ пп	Вид наблюдений	Методы
1	Дистанционные	Аэрокосмические: многозональная фотосъемка Геофизические: ИК-съемка, лазерное сканирование и т.п.
2	Наземные	Инженерно-геологическая съемка Инженерно-геодезические наблюдения Гидрогеологические наблюдения Геокриологические наблюдения Геохимические наблюдения Инженерно-геофизические наблюдения и др.

Из вышеприведенной характеристики следует, что наблюдение, как метод исследования, обладает рядом недостатков, обусловленных, прежде всего самим этим способом – невозможностью активного влияния на объект с целью получения количественных параметров об объекте в разных условиях его существования. Поэтому, наряду с наблюдением, в инженерной геологии применяются и другие, более информативные способы исследования, в частности измерение (тестирование) и эксперимент, описанные ниже.

4.2.2. Счет и измерение в инженерной геологии

Другими важными аналитическими общенаучными методами, применяемыми в инженерной геологии, являются счет (вычисление) и измерение.

Счет или вычисле́ние — математическое преобразование, позволяющее преобразовывать входящий поток информации в выходной, с отличной от первого структурой. Если смотреть с точки зрения теории информации, вычисление – это получение из входных данных нового знания. В инженерной геологии вычисление позволяет на основе математической обработки исходной инженерно-геологической информации получить новую инженерно-геологическую информацию.

В основе счета (вычисления) лежит алгоритм вычисления, который может быть реализован в различной форме – от простого арифметического до весьма сложного, например, вероятностного алгоритма.

Рассматривать ли счет как аналитический метод или правильнее его считать теоретическим методом обработки информации? Поскольку современное вычисление и математическая обработка информации (особенно большого объема) осуществляется с помощью технических средств – вычислительных машин, компьютеров, то на наш взгляд правильнее рассматривать вычисление все же как аналитический метод.

Значение вычисления, как метода, в инженерной геологии чрезвычайно велико. В отличие от многих других геологических наук инженерная геология в основном оперирует количественной информацией, выраженной численными значениями различных показателей, характеризующих те или иные параметры инженерно-геологических объектов. Поэтому их обработка должна проводиться на базе различных математических методов вычислений.

Измерение – совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой за единицу (эталон). Измеряемые значения величин (параметров) выражаются количественно цифрами. Поэтому последующая обработка результатов измерений проводится вышеописанными способами математических вычислений.

Измерение физических величин производят с помощью различных технических средств – измерительных приборов, поэтому измерение является аналитическим методом.

Наука об измерении – метрология, рассматривающая основные способы измерений, их системы единиц, правила и т.п. Одним из ее основателей был Карл Гаусс (1777-1855) – немецкий математик и физик, создатель первых абсолютных систем единиц измерений (1832).

Измерение указывают с определенной точностью, например, величина давления P = 4,5 ±0,1 МПа, т.е. P лежит в пределах 4,4 и 4,6 с определенной вероятностью, где 0,1 – погрешность измерений.

Измерение – важнейший аналитический общенаучный метод исследований, широко применяемый в инженерной геологии. Более того, широкое использование измерений в инженерной геологии также (как и использование вычислений) отличает ее от многих других геологических наук. Особенно велика роль измерений в таких научных разделах инженерной геологии как грунтоведение и инженерная геодинамика. В грунтоведении практически все характеристики состава, строения, состояния и свойств грунтов находятся путем соответствующего способа измерения или тестирования. В инженерной геодинамике также многие параметры геологических и инженерно-геологических процессов, состава и состояния массивов разного порядка находятся путем измерений.

Измерения можно систематизировать по разным принципам. В частности, выделяют следующие виды измерений:

1. Прямые, косвенные и совместные (одновременное измерение нескольких величин для нахождения зависимости между ними).
2. Метрологические: а) максимально возможной точности; б) контрольно-поверочные (с гарантированной точностью); и технические.
3. Абсолютные и относительные.
4. Однократные и многократные.
5. Равноточные (на приборе с одинаковой точностью) и неравноточные.

Любое измерение проводится не только с определенной точностью, но и с определенной ошибкой, или погрешностью. Погрешность (ошибка) измерения – оценка отклонения величины измеренного значения величины от её истинного значения. Таким образом, погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения.

Различают несколько видов погрешностей измерений:

1. По форме представления: абсолютная и относительная.
2. По причине: инструментальная, методическая и субъективная.
3. По характеру: случайная, систематическая, прогрессирующая, грубая (промах).

Определение погрешности измерений – важнейшая процедура. Для этого применяют различные методы. Один из них – метод Корнфельда, заключается в выборе доверительного интервала в пределах от минимального до максимального результата измерений, и погрешность (Δx) оценивается как половина разности между максимальным и минимальным результатом измерения:

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2},$$

где x_{max} x_{min} – соответственно, максимальный и минимальный результат измерений.

Среднеквадратическая погрешность измерений (S) вычисляется по формуле:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

где n – число значений (измерений); $\underline{x}$ – среднее арифметическое значение.

Абсолютная погрешность — ΔX является оценкой абсолютной ошибки измерения. Величина этой погрешности зависит от способа её вычисления, который, в свою очередь, определяется распределением случайной величины X_{meas}. При этом неравенство:

$$\Delta X > | X_{true} - X_{meas} | ,$$

где X_{true} — истинное значение, а X_{meas} — измеренное значение, должно выполняться с некоторой вероятностью близкой к 1. Если случайная величина X_{meas} распределена по нормальному закону, то, обычно, за абсолютную погрешность принимают её **среднеквадратичное отклонение**. Абсолютная погрешность измеряется в тех же единицах измерения, что и сама величина.

Относительная погрешность — отношение абсолютной погрешности к тому значению, которое принимается за истинное:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X}$$

Относительная погрешность является безразмерной величиной, либо измеряется в процентах. Точность определения параметров свойств грунтов регламентирована ГОСТ 20522-75. В разработку вопросов точности лабораторных инженерно-геологических исследований внесли вклад Г.А.Андреев, В.В.Дмитриев и Л.А.Ярг (2008) и др.

В этой связи можно высказать некоторые практические рекомендации, которым необходимо следовать при инженерно-геологических измерениях, чтобы минимизировать ошибки измерений: 1). Точность окончательного расчета не может быть выше точности исходных данных. 2). Не приступая к расчету на основании относительных погрешностей, следует оценить относительную погрешность получаемого результата. 3). Погрешность наименее точного измерения определяет и погрешность результата вычислений. 4).Окончательный вариант вычислений надо давать с тем числом значащих цифр, которое отвечает его погрешности.

4.2.2. Сравнение в инженерной геологии

Сравнение – одновременное выявление и оценка свойств или признаков, общих для двух или более объектов. Этот общенаучный метод позволяет устанавливать единообразие или многообразие объектов окружающего нас мира.

В основе сравнения лежит операция сопоставления каких либо качеств, свойств или признаков, являющихся общими у двух или более изучаемых объектов сравнения. Эти качества, свойства, признаки представляют собой обычно первичную информацию об объектах исследования, собранную в ходе эмпирических исследований – наблюдения, описания, измерения и т.п. Сравнение явлений – это, с одной стороны, определение сходств, как по внутренним так и внешним признакам, а с другой – определение их различий по внутренним и внешним признакам (Кокорин, 2009)[1].

Сравнение осуществляется лишь для общих и одинаковых (сравнимых) признаков изучаемых объектов на основе выделяемых критериев сравнения. Наиболее легко сравнение осуществляется для параметров, характеризуемых числовыми (количественными) величинами, которые и выступают как критерии сравнения. Однако в инженерной геологии часто приходится сравнивать качества или параметры инженерно-геологических объектов, не поддающиеся количественному выражению, например, степень опасности развития геологических процессов и т.п. В этом случае разрабатываются и обосновываются специальные критерии сравнения.

В методологии науки (наряду с процедурой сравнения) как отдельный метод рассматривается и сравнительный анализ – специфическая методологическая процедура, обеспечивающая расчленение сравниваемых явлений на составляющие части и их познание и сравнение друг с другом с целью определения их сходств и различий (Кокорин, 2009). Он обладает всеми признаками анализа – самостоятельного теоретического метода познания (см. ниже гл. 4.3.2). Сравнительный анализ как метод весьма широко использовался и используется в разных науках, в том числе в геологии.

В инженерной геологии сравнение используется чрезвычайно широко во всех трёх ее научных направлениях. В грунтоведении, например, сравнение позволяет выявить наиболее слабые и наиболее прочные грунты, наиболее и наименее неблагоприятные грунты как основания для тех или иных сооружений и т.п. В инженерной геодинамике сравнение позволяет выявить благоприятные или неблагоприятные инженерно-геологические условия для строительства какого-либо сооружения. В региональной инженерной геологии сравнение позволяет выделять разные участки территорий по их инженерно-геологическим условиям и т.д.

[1] Кокорин А.А. Сравнительный анализ: теория, методология, методика. // Изд.2-е, дополн. и перераб. – М.: Изд-во МГОУ, 2009. 152 с.

4.2.3. Эксперимент в инженерной геологии

Эксперимент (от лат. *experimentum* – проба, опыт) – научно поставленный опыт с точно учитываемыми, контролируемыми и управляемыми условиями

В отличие от наблюдения в ходе эксперимента происходит активное взаимодействие субъекта (исследователя) с изучаемым объектом. Это взаимодействие осуществляется с помощью специальных средств управления объектом и наблюдения за ним (рис. 4.2.2). Воздействуя каким-либо способом на объект (меняя факторы эксперимента) и изучая его реакцию на это воздействие (отклик) мы тем самым и осуществляем эксперимент или опыт. Расширяя условия эксперимента можно всесторонне изучить данный объект и выявить закономерности его функционирования. В этом и состоит суть экспериментального исследования.

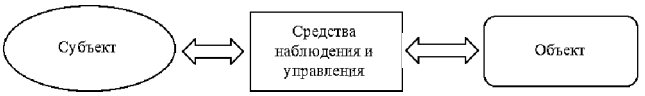


Рис. 4.2.2. Структурная схема эксперимента

В истории философии роль опыта, опытного знания анализировалась с античных времен. Большое значение опытному знанию придавал Аристотель, другие античные и последующие философы (Секст Эмпирик, Р.Декарт и др.). При этом выделялось знание, полученное до опыта – априори, и знание, полученное из опыта – апостериори. Априорное знание в основном касалось причин событий, процессов, изменения вещей и т.п., а апостериорное знание – следствий из этих изменений, событий и т.п. (Радугин, Радугина, 2006).

В философии нового времени роль опытного знания получила дальнейшее развитие в трудах Ф.Бэкона и его последователей: возникли рационализм и эмпиризм.

В немецкой классической философии роль опыта, опытное знание также активно анализировались. Большое значение придавал опыту И.Кант. Во введении к «Критике чистого разума» он писал: «Без сомнения, все наше знание начинается с опыта; ибо, чем же пробуждалась бы к деятельности способность познания, если не предметами, которые действуют на наши чувства и отчасти сами производят представления, отчасти побуждают деятельность нашего рассудка сравнивать их, сочетать или разделять, и таким образом перерабатывать грубый материал чувственных впечатлений в познание предметов, называемое опытом? Следовательно, во времени никакое наше знание не предшествует опыту, оно всегда начинается с опыта" (Кант, 1999).

Априоризм Канта отличается от идеалистического учения о врожденных идеях: по Канту доопытны только собственные формы знания, а его содержание поступает из опыта. Он рассматривал знание как расширяющийся опыт человечества. При этом априорное знание по Канту не зависит от опыта. Он пропагандировал синтез чувственности и рассудка.

Однако Гегелем критиковалось точка зрения Канта об априорном знании. Тем не менее, Гегель, как и Кант, считал опытные (чувственные) восприятия начальным моментом познания[1]. По Гегелю именно они лежат в основе всех наших мыслей, но помимо них существует спекулятивное мышление – размышление над содержанием самого мышления, относимое им к сфере философии. Эмпирические науки (в отличие от философии) не ограничиваются лишь опытным материалом, с помощью мысли в них анализируется чувственный материал и отыскиваются в нем всеобщие определения, понятия, закономерности и законы. Познание этого материала достигается с помощью метафизики – науки о вещах, постигаемых в мыслях. В дальнейшем же над этим материалом работают философы[2].

Эмпирики и затем позитивисты (Д.Милль, Г.Спенсер) также отрицали априорное знание, сводили все к апостериорному. Диалектический материализм (вслед за Гегелем) критиковал кантовское априорное знание, выдвигая практику (опыт), как критерий истины.

Роль опытного знания в гносеологии была одним из центральных вопросов в новейшей немецкой философии и разрабатывалась в трудах Дж.Беркли, Д.Юма, Р.Авенариуса, Э.Маха и др. Возник эмпириокритицизм – (термин введен Авенариусом) – «критика опыта». А в работах В.И.Ленина[3] он получил хлесткое название «махизм».

Идеалистический эмпиризм отрицает, что в основе опыта лежит объективный мир. Такие идеи высказывались Р.Авенариусом, отчасти Дж.Беркли и Д.Юмом. В основном своем сочинении «Введение в критику чистого опыта» (1888-1889) Авенариус разработал учение о «принципиальной координации», согласно которой «без субъекта нет объекта и без объекта нет субъекта», по сути отвергавшее объективную реальность, существующую вне и независимо от сознания. Именно эта позиция Р.Авенариуса и подверглась жесточайшей критике В.И.Лениным[4]. Но при этом попутно досталось и Э.Маху, незаслуженно обвиненному в «философском идеализме» – махизме. Обвинейнив махизме не избежали даже такие выдающиеся ученые как А.Эйнштейн и Н.Бор. В годы советской власти обвинения в махизме стали почти синонимом крайнего махрового идеализма и просуществовали до начала перестройки.

Однако Э.Мах никогда не стоял на идеалистических позициях, а по сути, в эмпириокритицизме выступал с материалистической точки зрения (Владимиров, 2012). Этот парадокс, объясняемый стечением ряда обстоятельств, в настоящее время разрешен в пользу Э.Маха и привел к «реабилитации» истинного значения его трудов. Анализ философского наследия Э.Маха с метафизических позиций и при опоре на аналогию метафизических парадигм в фундаментальной теоретической физике и в философско-религиозных учениях приводит к весьма неожиданному выводу: метафизические парадигмы материалистической философии, освобожденной от некоторых догматов диалектического материализма, и реляционной концепции в естествознании, которой придерживался Э.Мах, соответствуют, а не противоречат, друг другу (Владимиров, 2012, с.22).

Различают несколько типов эксперимента, применимых в инженерной геологии, наиболее важные из которых представлены в табл. 4.3.

Натурный инженерно-геологический эксперимент проводится в естественных условиях существования объекта изучения: в пределах естественного (природного) или техногенно-измененного грунтового массива (in situ), литотехнической системы или ее части и

[1] Гегель. Наука логики, 1974, § 6-9.

[2] Гегель. Наука логики, 1974, § 12.

[3] Термин введен Лениным в работе «Материализм и эмпириокритицизм», изданной в 1909 г.

[4] Ленин В.И. Полн. собр. соч., 5-е изд., 1980, т. 18, с. 7-384.

т.п. тогда как искусственный эксперимент проводится в лабораторных, искусственно созданных условиях. Часто натурный эксперимент представляет собой полупроизводственное или производственное испытание на натурном инженерно-геологическом объекте.

Физический инженерно-геологический эксперимент проводится на каком-либо реальном инженерно-геологическом объекте: грунте, грунтовой толще, ЛТС или ее части т.п. Этот объект реально существует. Мысленный же эксперимент проводится на идеальном, мысленном инженерно-геологическом объекте, существующем лишь в нашем сознании. Этот термин был введен Э.Махом, хотя мысленные эксперименты использовались многими учеными до него и были описаны в трудах Г.Галилея, Х.Гюйгенса, С.Карно и многих др. Строго говоря, мысленный эксперимент не подпадает под категорию инструментально-аналитических методов исследований, а является теоретическим методом.

Таблица 4.3

Типы инженерно-геологических экспериментов и критерии их выделеиия

№ пп	Тип эксперимента	Критерий выделения
1	Натурный или естественный (природный) и искусственный (лабораторный)	Условия проведения опыта
2	Физический и мысленный	Реальное или мысленное существование объекта
3	Поисковый и запланированный	Отсутствие или наличие сведений о факторах и их значимости
4	Преобразующий (целенаправленный) и случайный	Направленное или случайное изменение факторов эксперимента
5	Констатирующий, решающий или критический	Констатация предположений или решающая точка в споре
6	Вещественный и энергетический	Воздействующие факторы: вещество или энергетические поля
7	Однофакторный и многофакторный	Число воздействующих факторов
8	Пассивный и активный	Отсутствие или наличие активного влияния на объект

Поисковый инженерно-геологический эксперимент проводится в таких условиях, когда действующие факторы и их значимость заранее не известны исследователю. Такие ситуации возникают часто при исследовании плохо изученных или мало известных инженерно-геологических объектов. В отличие от него запланированный инженерно-геологический эксперимент проводится, когда действующие факторы и их взаимная значимость уже известны исследователю. Большинство экспериментов, направленных на выявление тех или иных закономерностей относится именно к этой последней категории.

Преобразующий или целенаправленный инженерно-геологический эксперимент проводится в условиях целенаправленного, сознательного и заранее запланированного изменения исследуемых факторов. Исследователь заранее определяет изучаемые факторы и затем под них целенаправленно проводит эксперимент. В случайном же инженерно-геологическом эксперименте факторы меняются случайным образом, независимо от исследователя.

Констатирующий инженерно-геологический эксперимент проводится с целью доказательства или констатации какого-либо вывода или научного положения. Такие эксперименты составляют большинство в научно-исследовательских инженерно-геологических работах и диссертациях. Решающий или критический эсперимент[1] – тот который ставит точку в крупных научных спорах. Ф.Бэкон считал его основой формой доказательств теорий. Карл Поппер (2002) считал наличие «экспериментум круцис» критерием достоверности научного знания.

Вещественный инженерно-геологический эксперимент проводится в условиях, когда действующими факторами является вещество или какой-либо вещественный физический объект (грунт или его компоненты, массив, ЛТС или ее части и т.п.). В энергетическом же инженерно-геологическом эксперименте изменяющимися факторами являются различные физические энергетические поля: тепловое, электромагнитное, гравитационное, поле напряжений и т.п.

Однофакторный инженерно-геологический эксперимент осуществляется при варьировании лишь одного какого-либо изучаемого фактора. Это самый простой тип эксперимента. Многофакторный инженерно-геологический эксперимент проводится в условиях изменения сразу нескольких факторов. Реализация подобных экспериментов более сложна и требует привлечения теории планирования эксперимента (см. ниже).

Пассивный инженерно-геологический эксперимент проводится в условиях, когда фактор (или факторы) меняются пассивно, независимо от воли экспериментатора, например, в ходе естественно протекающих процессов. Строго говоря, такой метод исследований не является экспериментом, а должен

[1] Термин «критический эксперимент» (от лат. *experimentum crucis*) был введен Ф.Бэконом.

рассматриваться как наблюдение (см. выше). Активный же инженерно-геологический эксперимент проводится в условиях целенаправленного изменения экспериментатором тех или иных факторов.

Одним из важнейших вопросов при проведении эксперимента является обоснование его методики. Методика эксперимента – совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования или эксперимента. Обоснование и выбор правильной методики – залог успеха любого, в том числе и инженерно-геологического исследования. Очень часто, особенно в диссертациях и поисковых инженерно-геологических работах, методику эксперимента приходится разрабатывать самому автору. Такая новая методика может стать одним из защищаемых положений диссертации.

Цель эксперимента определяется поставленными задачами исследования и под их реализацию и должна разрабатываться методика проведения эксперимента. Стадии и компоненты разработки новой методики эксперимента могут быть следующими: 1) предварительное наблюдение за объектом с целью выбора исходных факторов; 2) обоснование условий проведения эксперимента (выбор объекта, механизма воздействия на объект, устранение мешающих факторов и т.п.); 3) определение и обоснование пределов изменений факторов; 4) обоснование и создание системы регистрации изменений (точность метода, автоматизация регистрации и т.п.); 5) обоснование и создание системы повторяющихся ситуаций (воспроизводимость), перекрестных воздействий и факторов, составление плана эксперимента; 6) обоснование методов математической обработки получаемых результатов (статистические и др. методы); 7) обоснование применения логического анализа, обобщения и способа теоретической обработки результатов.

Теория планирования эксперимента. Значительную роль в разработке методики проведения эксперимента может играть теория планирования эксперимента. Планирование эксперимента – комплекс мероприятий, направленных на эффективную постановку опытов, раздел математической статистики.

Одним из авторов теории планирования эксперимента является английский биолог-эволюционист и основоположник математической статистки Р.Фишер (1890-1962). С 1918 г. Р. Фишер начал серию своих работ на Рочемстедской агробиологической станции в Англии по оптимизации числа проводимых им экспериментов. В 1935 году появилась его монография «Design of Experiments», давшая название всему этому направлению. Р.Фишер разработал метод факторного планирования. Его особенность – постановка сразу большого числа опытов (за счет этого получался выигрыш времени) с одновременным изменением многих факторов. Затем математическое исследование блок-схем эксперимента было выполнено Р.Боузом в 1939 г. Вначале им была разработана теория сбалансированных неполноблочных планов (так называемые «BIB-схемы»). Затем Р.Боуз, К.Нер и Р.Рао обобщили эти планы и разработали теорию частично сбалансированных неполноблочных планов («PBIB-схемы»). В 1945 г. Д.Финни ввел дробные реплики от факторного эксперимента. Это позволило сократить число опытов и открыло дорогу техническим приложениям планирования эксперимента. Другая возможность сокращения необходимого числа опытов была показана в 1946 г. Р.Плакеттом и Д.Берманом, которые ввели так называемые «насыщенные факторные планы». В 1947 г. начался новый этап развития теории планирования эксперимента после создания Н.Винером теории кибернетики. Это направление продолжает развиваться и в наши дни. По теории планирования эксперимента к настоящему времени опубликовано много книг и пособий (Бродский, 1976; Налимов, 1971; Протодьяконов, Тедер, 1970; Фёдоров, 1971). Здесь же отметим лишь основные позиции этой теории.

Главная цель планирования эксперимента – достижение максимальной точности измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов. Планирование эксперимента применяется при поиске оптимальных условий проведения опыта, построении интерполяционных формул, выборе значимых факторов, оценке и уточнении констант теоретических моделей, одновременном анализе влияния более 2-х факторов и др.

Основными понятиями, используемыми в теории планирования эксперимента являются: 1) факторы – независимые переменные, влияющие на процесс или объект (обозначают $x_1,x_2,x_3..$); 2) уровни фактора – значения переменных в опыте; 3) функция отклика (y) – реакция системы на действующие факторы; связь x_i и y дается функцией отклика вида: $y = y(x_1,x_2,\ldots x_n)$, i=1,2,...m (поверхность), чаще всего описывается полиномом n-степени; 4) факторное пространство – координаты (n-мерные), по осям которых отложены факторы; 5) план эксперимента – совокупность значений x_i, задаваемых в эксперименте.

Простые факторные планы (или однофакторные планы), предусматривают изучение влияния на зависимую переменную (y) только одной независимой переменной – x (однофакторный эксперимент). Преимущество таких планов состоит в их эффективности при установлении влияния независимой переменной, а также в лёгкости анализа и интерпретации результатов. Они описываются функциями отклика y=y(x) разного вида. Единственное требование – наличие не менее 5 уровней (или >5 точек на графике функции отклика).

Сложные факторные планы подразумевают использование более чем одной независимой переменной. Таких переменных (факторов) может быть сколько угодно, однако обычно ограничиваются использованием двух, трёх, реже — четырёх.

Факторные планы описываются с помощью системы нумерации, показывающей количество независимых переменных и количество значений (уровней), принимаемых каждой переменной. Например, факторный план 2x3 («два на три») имеет две независимые переменные (факторы), первая из которых принимает два значения («2»), а вторая — три значения («3»); факторный план 3x4x5 имеет соответственно

три независимые переменные, принимающие «3», «4» и «5» значений соответственно и т.д.

Например, в эксперименте, проводимом по факторному плану 2x2, допустим, что один фактор, А, может принимать два значения — A_1 и A_2, а другой фактор, В, может принимать значения B_1 и B_2. В течение эксперимента согласно плану 2x2 должно быть проведено четыре опыта с сочетаниями: A_1B_1, A_1B_2, A_2B_1, A_2B_2. Порядок следования опытов может быть различным в зависимости от целесообразности, определяемой задачами и условиями каждого конкретного эксперимента.

Но чем больше факторов, тем больше необходимо провести опытов. Например, если свойство грунта зависит от 5 факторов, то при изменении каждого 5 раз (т.е. по 5 уровней) необходимо провести 5^5=3125 опытов!!! Вот в этом-то случае и прибегают к возможностям теории планирования эксперимента.

Главная идея теории планирования эксперимента – воздействие каждого фактора на результат выявляется в опытах при одновременном изменении сразу всех факторов (2-х, 3-х или более); за счет этого происходит сокращение числа опытов. При этом важно установить существенные факторы, они должны быть управляемыми, однозначными, независимыми и измеряемыми с заданной точностью.

В соответствии с этим различают: 1) полный факторный эксперимент (ПФЭ) – в ходе которого реализуют все возможные сочетания уровней факторов; кол-во опытов превосходит число коэффициентов уравнения функции отклика $y=y(x_1,x_2,...x_n)$; 2) дробный факторный эксперимент (ДФЭ) – в ходе которого реализуется лишь часть возможных сочетаний уровней, что позволяет уменьшить число опытов.

Например, составим план (таблицу) ПФЭ для изучения зависимости прочности грунта от температуры и давления (табл.4.4)[1].

Согласно этому плану, необходимо провести 5x5= 5^2=25 опытов по определению прочности при разных значениях температуры и давления.

Рассмотрим другой пример. Предположим, что нам необходимо изучить влияние давления (P=x1) и температуры (T=x3) на проницаемость (П) песчаных пород разного состава.

Таблица 4.4

Пример плана полиого факторного эксперимента

Температура, °С	Давление, МПа				
	1	2	4	8	15
0	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x
20	x	x	x	x	x
40	x	x	x	x	x
80	x	x	x	x	x

Проницаемость оцениваем коэффициентом пористости (e= x2), состав пород – содержанием в них карбонатного цемента (C=x4 в %). Таким образом, имеем 4 независимых фактора; для 5 уровней каждого из них получим, что надо провести 5^4=625 опытов!!!

Однако, с помощью методики ДФО уменьшаем количество опытов, не теряя точности и информации (рис.4.2.3): комбинационный квадрат состоит из 25 средних квадратов, разделенных на 25 малых, всего – 625 = числу опытов.

[1] Протодьяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов. – М.: Наука, 1970. 75 с.

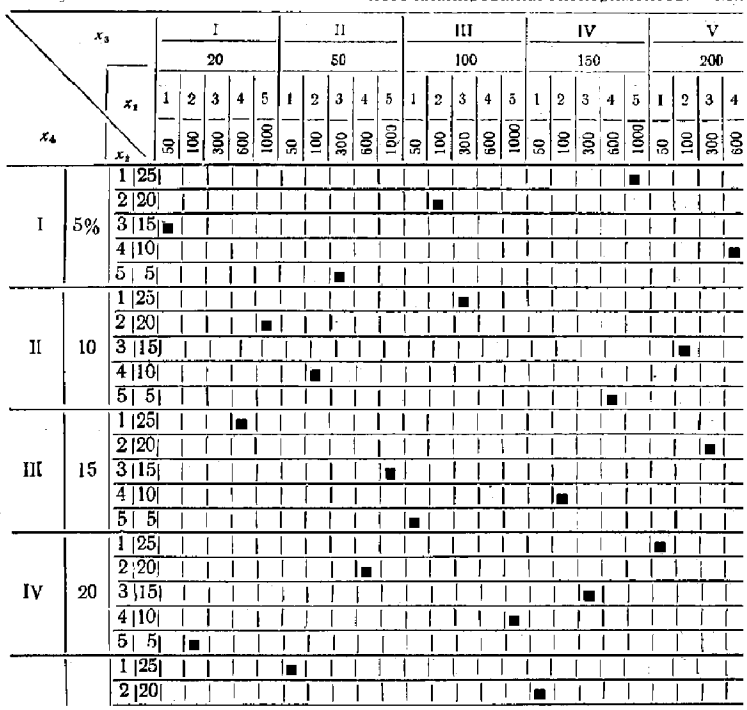


Рис.4.2.3. План дробного факторного эксперимента (по Протодьяконову, 1972)

Здесь заштрихованы квадраты, которые необходимо реализовать для точного решения поставленной задачи = 25, т.е. число опытов удалось уменьшить в 25 раз. Затем на основе реализованного таким образом плана статистическим методом устанавливаются зависимости между анализируемыми параметрами вида П=f(x1,x2,x3,x4). Для анализа результатов данного ДФЭ и составления математической модели необходимо получить уравнения множественной нелинейной регрессии для каждого из значений проницаемости. Методы математической обработки результатов ДФЭ описаны в литературе.

4.3. Теоретический уровень познания в инженерной геологии

Теоретические общенаучные методы исследований – способы получения нового знания путем мысленных операций, применяемые в разных науках и реализуемые без привлечения инструментально-аналитических способов получения информации. Они базируются на мысленной обработке информации, полученной ранее любыми способами – как инструментально-аналитическими, так и теоретическими. Можно сказать, что теоретические общенаучные методы исследований представляют собой мыслительные способы обработки любой по содержанию информации, ранее накопленной и полученной любым способом, с целью получения нового знания.

В инженерной геологии применение теоретических общенаучных методов исследований позволяет обрабатывать как первичную, так и вторичную информацию. Эти методы не дают возможности получить первичную инженерно-геологическую информацию, но позволяют получить новую инженерно-геологическую информацию на базе ранее имеющейся, т.е. вторичную информацию.

С философской точки зрения теоретические общенаучные методы исследований составляют суть и основное содержание гносеологии или эпистемологии[1] – раздела философии, изучающего теорию познания. При этом речь идет о так называемом рациональном познании, реализуемого в формах научных идей, гипотез, теорий, законов, в отличие от иных его форм (чувственное, сверхчувственное и др.).

В теории познания, со времен возникновения философии и гносеологии, получение нового знания (так называемой «прибавки знания») являлось основной целью науки. Эта цель не изменилась и сейчас – основная роль любой науки состоит в получении нового знания. В соответствии с этим основная цель инженерной геологии состоит в получении нового знания об объектах инженерной геологии – верхних горизонтах земной коры (литосферы), часто называемых «геологической средой», исследуемых в специальном инженерно-геологическом отношении, главными элементами (сторонами) которого являются грунты и грунтовые толщи (массивы) разного иерархического ранга, а также геологические и инженерно-геологические процессы в них протекающие.

Получение нового инженерно-геологического знания возможно с помощью теоретических общенаучных методов исследований, среди которых важная роль отводится законам логики (законам правильного мышления), а также общефилософским законам, в том числе законам диалектики, а также таким методам как дедукция и индукция, анализ и синтез и др. Рассмотрим их применение в инженерно-геологических исследованиях подробнее.

[1] Эпистемология (от др.-греч. ἐπιστήμη — «научное знание, наука», «достоверное знание» и λόγος — «слово»,) или теория познания, — раздел философии, исследующий возможность познания человеком мира и самого себя, исследующий движение познания от незнания к знанию, природа знаний самих по себе и в соотношении с познаваемыми предметами

4.3.1. Законы логики и их применение

Логика – наука о формах и законах правильного мышления, она дает метод отыскания новых знаний при переходе от известного к неизвестному. По Гегелю логика рассматривает мышление как таковое, его чистую деятельность. При этом она не содержит в себе никакого чувственно воспринимаемого материала; её содержание априорно (надчувственно) и умозрительно (абстрактно)[2]. Кроме того, согласно Гегелю логика, как наука об определениях мышления и его законах, совпадает поэтому с метафизикой – наукой о вещах, постигаемых в мыслях, где также признается, что наши мысли выражают суть реальных вещей, а значит природа нашего мышления объективна[3].

Структура современной логики показана на рис. Создателем формальной логики, точнее её раздела – силлогистики, был Аристотель. Именно он создал понятийный аппарат логики (Аристотель, 1978), который до сих пор пронизывает и современную философию, и стиль научного мышления.

Кроме того вклад Аристотеля в логику обусловлен и тем, что он впервые обосновал теорию суждений и доказательства, используя дедукцию (т.е. вывод частного положения из общего), как основное средство доказательства. При этом общая схема перехода от общего к частному по Аристотелю выглядит как следующая цепь: общее высказывание (аксиома, постулат, гипотеза, «общее») → цепь логических рассуждений → частный вывод (теорема, «частное») (Аристотель, 1978). Большое значение Аристотель придавал и опыту, подчеркивая два обстоятельства: 1) знание о каждом отдельном свойстве предмета должно быть приобретено из опыта; 2) убеждение в

[2] Гегель. Наука логики, 1974, § 19.

[3] Гегель. Наука логики, 1974, § 24.

том, что это свойство — существенное, должно быть доказано умозаключением особой логической формы — категорическим силлогизмом. Силлогизм – умозаключение, состоящее из двух посылок (суждений, большего и меньшего) и заключения (вывода), сделанного на их основе.

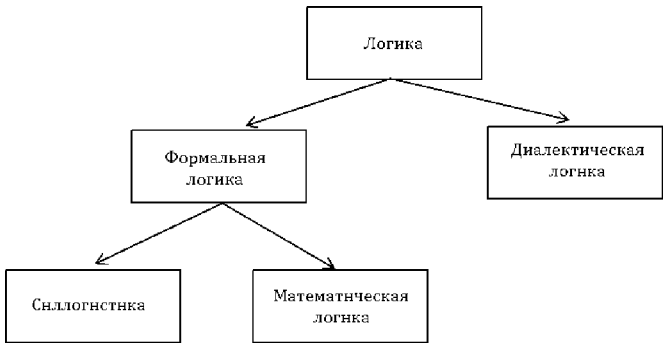


Рис. 4.3.1. Структура современной логики

Наконец, Аристотель (которого Ф.Энгельс как и древнегреческих философов называл «стихийными диалектиками», отмечая, что он «самая универсальная голова среди них, уже исследовал существеннейшие формы диалектического мышления»[1]) сформулировал три закона логики, соблюдение которых является несомненным условием исключения ошибок в суждениях и научном мышлении. Основные трактаты по логике Аристотеля собраны в его труде под названием «Органон». Сочинения Аристотеля по логике были главенствующими в науке вплоть до эпохи средневековья (VII-XIV вв.), они были канонизированы церковью и в переплетении с богословием превратились в эту эпоху в схоластику. В эпоху Возрождения и Нового времени (XV-XVII вв.) аристотелевская логика не теряет своего значения в научном мышлении, но на первый план выходит опыт, как способ получения нового знания.

Основоположником эмпиризма и индуктивного направления в логике был Фрэнсис Бэкон (1561-1626) — английский философ, историк, политический деятель, разработавший так называемый «метод Бэкона». Этот метод был им изложен в его основном философском сочинении – «Новый органон» (1620). В основе его метода, в отличие от Аристотеля – автора «Органона», лежала индукция, т.е. переход суждения от частного к общему. При этом научное исследование строилось по цепочке: «эксперимент (опыт) → наблюдение → гипотеза → её проверка → теория». Кроме того Ф.Бэкон считается основоположником методологии науки.

Индуктивный метод Бэкона стал основным методом научного исследования на все последующие эпохи и наиболее яркое воплощение получил в конце XVII и в XVIII в. – веке Просвещения. Дальнейший вклад в логику внесли работы Р.Декарта, И.Канта (сформулировавшего четвертый закон логики), и Дж.Милля.

Английский математик Дж.Булль «перевел» логику на язык математики и применил математику (в т.ч. математические символы) к теории умозаключений, назвав эту процедуру «исчислением высказываний». Так зародилась математическая логика – раздел формальной логики (см.рис. 4.1), изложенная им в его работах «Математический анализ логики» (1847) и «Исследование законов мышления, на которых основываются математические теории логики и вероятностей» (1854).

Наконец, обобщение диалектической логики было разработано в трудах Гегеля, опубликовавшего в 1812-1816 гг. в трех частях свою «Науку логики». При этом он не опровергает формальную логику, но развивает понимание логического до уровня спекулятивного (т.е. отвлеченного рассуждения).

Возвращаясь к законам логики, отметим, что они представляют собой некие правила, следование которым позволяет избежать ошибочных умозаключений независимо от их содержания. Поэтому они должны быть в голове любого исследователя и применимы во всех науках, включая и инженерную геологию.

Закон тождества. Кратко он формулируется так: «Всякое А тождественно самому себе», или «А есть А». В формулировке Лейбница закон тождества звучит так: «Любое нечто есть то, что оно есть». Иными словами согласно этому закону всякая вещь в процессе мышления должна сохранять своё тождество. Нельзя вначале под «А» понимать одно, а затем другое в ходе того же рассуждения. Для науки установление тождества – необходимое требование процесса мышления. Нарушение этого закона ведет к *софизмам*[2], основанным на подмене понятий.

Закон противоречия. Согласно этому закону «два противоречащих одно другому суждения не могут быть одновременно истинными и в одном и том же отношении». Или более в краткой форме: «А» не может быть одновременно «В» и не быть «В»

Аристотель рассматривал закон (принцип) противоречия как аксиому и основное положение всей философии, отмечая: «невозможно чтобы противоречащие утверждения были вместе истинными» (Аристотель, 1978).

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. 1986. Т.5, с. 16

[2] Софизм – ложное суждение, основанное на различных искусственных приемах, в том числе нарушающих законы логики.

Закон исключения третьего (лат.: «*Tertium non datum*» – *третьего не дано*). В соответствии с этим законом при двух суждениях, из которых одно утверждает то, что другое отрицает («А есть В» и «А не есть В») не может быть третьего, так называемого среднего суждения. Этот закон основывается на предыдущем (законе противоречия), но прибавляет к нему рассмотрение «третьего» или среднего суждения. О всяком качестве вещи (явления и т.п.) мы можем строго утверждать, что оно или принадлежит этой вещи, или не принадлежит; ничего среднего быть не может.

Закон достаточного основания – четвертый закон логики, введенный Лейбницем. Согласно этому закону, «высказывание о предмете только тогда истинно, когда указано достаточное основание» или «всякое суждение (мысль) должно иметь определенное логическое обоснование». В другой формулировке закон гласит, что «мы всё должны мыслить на достаточном основании», т.е. нельзя ограничиваться утверждением, что «нечто истинно», надо показать, почему именно оно истинно, т.е. указать для этого достаточное основание.

Четыре закона логики имеют для неё то же значение, что и аксиомы в математике. Они непосредственно очевидны. С другой стороны это – формальные и универсальные законы мысли, т.к. они не касаются её содержания. Всякая мысль (независимо от содержания) должна подчиняться этим законам, о чем, к сожалению, часто забывают исследователи.

В инженерно-геологических исследованиях разного уровня – от научно-исследовательских и производственных отчетов, до научных статей, диссертаций и монографий, встречаются нарушения законов логики. Часто в работе говориться об одном, а вывод делается о другом (нарушение закона тождества); либо в работе автором приводятся такие инженерно-геологические данные, которые противоречат друг другу (нарушение закона противоречия); закон исключение третьего чаще всего нарушается при построении различных инженерно-геологических классификаций, систематизации данных, построении легенд к инженерно-геологическим картам, обосновании систем инженерно-геологического районирования и т.п. Наконец закон достаточного основания часто нарушается (или не выполняется) в формулировании выводов инженерно-геологических исследований, когда то или иное утверждение не подкрепляется доказательством, или когда защищаемые положения в диссертациях не имеют достаточно веского и строгого обоснования.

К сожалению, в последнее время в науке в целом, а в инженерной геологии в частности, отношение авторов к соблюдению законов логики часто бывает не внимательным, пренебрежительно-формальным и не достаточным. Многие «ученые» считают, что раз эти законы формальны, то и отношение к ним должно быть формальным. Отсюда мы имеем массу не качественных инженерно-геологических исследований, а порой и просто ошибочных.

Таким образом, знание законов логики и логики в целом – непременное требование к любому исследователю, в том числе и к инженер-геологу.

4.3.2. Анализ и синтез в инженерной геологии

Анализ (от др.-греч. – «разложение, расчленение») — операция мысленного или реального расчленения целого (вещи, свойства, процесса или отношения между предметами) на составные части с целью их всестороннего изучения, выполняемая в процессе познания или предметно-практической деятельности человека.

Анализ, как общенаучный метод исследований реализуется в двух вариантах: эмпирическом и теоретическим. Поэтому выделяется два вида анализа: 1) фактический (предметный) анализ, основанный на применении аналитических способов исследований с использованием различных аналитических технических устройств (анализаторов), реализуется на эмпирическом уровне исследований; 2) мысленный (или логический) анализ основанный на теоретических методах исследований без применения анализаторов, когда субъект (исследователь) мысленно расчленяет объект познания на отдельные части с целью их более лучшего понимания, реализуется на теоретическом уровне познания.

Синтез – объединение познанных в результате анализа элементов в единое целое, т.е. познавательная операция как бы обратная анализу.

Таким образом, цель анализа – познание частей как элементов целого, а цель синтеза – познание целого как состоящего из частей (элементов) (Радугин, Радугина, 2006).

Исходя из этого анализ и синтез находятся друг с другом в обратном отношении: анализ строится применением операции ограничения, т.е. дедуктивным путем (см. ниже раздел 4.3.3) – от целого к частному; синтез – обратным, индуктивным путем (см. ниже раздел 4.3.3): от частного к целому (обобщение). Это отношение может быть наглядно проиллюстрировано с помощью пирамиды понятий, рассмотренной выше (см. рис.2.1).

В инженерной геологии анализ и синтез применяются чрезвычайно широко во всех научных направлениях. В грунтоведении на основе разных видов аналитических исследований (анализа с помощью технических средств) устанавливается химико-минеральный состав грунтов и их отдельных компонентов, строение грунтов, анализируются их различные свойства. На основе синтеза грунты классифицируются по различным признакам и показателям, выявляется их общая оценка как оснований или среды для различных инженерных сооружений и т.п.

В инженерной геодинамике на основе анализа изучаются различные природные или инженерно-геологические процессы и явления. В частности, путем анализа устанавливается влияние различных (отдельных) факторов на тот или иной процесс, а путем синтеза дается общее заключение и т.п. Изучение компонентов (факторов) инженерно-геологических условий конкретной территории также стро-

ится аналитическим путем, а синтетическим – их общая оценка (сложность ИГ-условий и т.п.).

В региональной инженерной геологии выделение различных таксонов инженерно-геологического районирования строится аналитическим путем, а общая региональная оценка территорий – синтетическим. Детальное рассмотрение применение анализа и синтеза при региональных инженерно-геологических исследованиях проведено В.В.Пендиным (2009). Подобных примеров можно привести много.

Применением анализа и синтеза предпринимались попытки решения проблемы иерархии геологических тел в инженерной геологии – изучения грунтов на разных масштабных уровнях (от образца до массива).

Кроме того, путем разложения целого на части (анализ) в геологии предпринимались попытки решения проблема иерархии геологических тел (или проблемы иерархии их «элементарных ячеек» – своеобразных «кирпичиков», из которых состоит геологическое тело определенного иерархического уровня) (рис.4.3.2).

Рис. 4.3.2. Иерархия тел геологического уровня организации материи (по В.Ю.Забродину и др., 1986)

Пока эта проблема остается открытой, т.к. определенно можно говорить лишь об установлении элементарных кристаллических ячеек (которых всего 14 типов), из которых построено все многообразие минералов. Однако «элементарные ячейки» более высоких иерархических уровней (см. рис.4.2) гипотетичны, а их количество не известно.

Существует и еще одно важное обстоятельство. Иногда под обобщением понимают отдельный всеобщий метод исследований – установление общих свойств и признаков объекта. Но, по сути, общие свойства чаще всего выявляются как раз путем синтеза. Другое дело, если целое не равно сумме составляющих его частей. В этом случае синтез не может выявить общие свойства или характеристики целого. Такая ситуация характерна для объектов, представляющих собой сложные системы, проявляющие так называемые эмерджентные свойства или эмерджентность.

Дело в том, что вследствие закона перехода количественных изменений в качественные, не всякое целое можно получить путем суммирования его частей.

Эмерджентность (от англ. *emergence* — возникновение, появление нового) в ***теории систем (системном анализе)*** — наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих её подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов; синоним — «системный эффект».

Таким образом, **системный анализ**[1] выступает как междисциплинарная методология, как разновидность аналитико-синтетического исследования. Под системным подходом понимают научный метод познания целостных систем, обладающих структурой и эмерджентными свойствами, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы. При этом системный подход опирается не на какой-то свой собственный метод, а использует всю совокупность теоретических и эмпирических методов исследований, но нацеленных на познание объекта как системы.

В последние десятилетия системный подход все шире входит в практику исследований инженерной геологии, поскольку объект ее изучения – сложные природные или техно-природные системы, обладающие эмерджентными свойствами. В инженерной геологии системный подход позволяет решать следующие методологические проблемы: 1) определять цель проведе-

[1] Термин «системный анализ» не очень удачен, т.к. этот метод предполагает не только анализ, но и синтез. В этой связи более предпочтителен вместо него термин «системный подход».

ния исследований в конкретных геологических условиях; 2) обоснованно выбирать методы исследований и их комплексы для лучшего решения поставленных задач; 3) разрабатывать рекомендации по управлению ПТС или ЛТС, а также геологическими процессами и явлениями в нужном направлении (Пашкин и др., 2011).

При исследовании предмета как системы необходимо (Шарапов, 1977):

1) определить предмет, который рассматривается как система;
2) составить перечень компонентов системы;
3) найти закон композиции и выявить структуру системы;
4) выявить эмерджентные свойства системы.

Проявления эмерджентности у различных объектов в инженерной геологии весьма многочисленны. К ним можно отнести следующие положения:

- свойства грунтового массива не сводятся к сумме свойств слагающих его грунтов;
- наличие «масштабного эффекта» в проявлении многочисленных свойств грунтов, особенно физико-механических (прочности, деформируемости и т.п.);
- геологическое явление (выветривание, оползень и др.) не сводится к сумме «элементарных» физических явлений;
- геологический или инженерно-геологический процесс не сводится к сумме «элементарных» физических процессов (противоположная точка зрения –редукционизм).

Ценность системного подхода определяется тем, что рассмотрение категорий системного подхода создает основу для логического и последовательного подхода к проблеме принятия решений.

Системный подход развивался в ряде работ Г.К.Бондарика (1971, 1981, 1984), в частности при обосновании инженерно-геологических прогнозов[1]. Системный подход к изучению массивов горных пород был обоснован в монографии Г.А.Голодковской и др. (1987). При этом авторами показано, что при изучении массивов грунтов как систем необходимо: 1) выделить анализируемую систему в согласии с целью исследования; 2) определить её основные элементы, части или подсистемы; 3) установить существенные, системообразующие отношения и связи между элементами, которые характеризуют её структуру и определяют их взаимодействие, оказывающее влияние на работоспособность системы; 4) рассмотреть возможность применения системных моделей; 5) разработать и показать пути формализации их количественного описания.

Этот подход использовал и В.В.Пендин (2009) для анализа понятия «инженерно-геологические условия» и др.

[1] Бондарик Г.К. Системный подход при инженерно-геологических прогнозах. // 27-й Межд. геологический конгресс. Инж. геология. Секция С.17. Доклады, том 17. – М., Изд-во Наука, 1984, с.52-58.

4.3.3. Дедукция и индукция в инженерной геологии

Дедукция (от лат. *deductio* — выведение) — метод мышления, при котором частное положение логическим путем выводится из общего, вывод по правилам логики (силлогизма, см. выше 4.2.1); цепь умозаключений (рассуждение), звенья которой (высказывания) связаны отношением логического следования.

Исторически дедукция была основным методом науки (до XVI-XVII в. – т.е. до работ Ф.Бэкона). Началом (посылками) дедукции являются аксиомы, постулаты или гипотезы, имеющие характер общих суждений или утверждений («общее»), а концом — выводы или следствия из этих посылок, теоремы («частное»). Если посылки дедукции истинны, то истинны и ее следствия.

Дедукция — основное средство доказательства со времен Аристотеля. Отдавая ей предпочтение (по сравнению с индукцией), Аристотель исходил из того, что именно такой путь мышления или получения умозаключения является наиболее строгим и, что не менее важно, – исключающим получение ошибочных умозаключений (Аристотель, 1978). По этой причине именно умозаключение, построенное по правилам категорического силлогизма, считалось им логически верным. На такой же точке зрения стояли и многие другие великие мыслители и ученые, среди которых были «рационалисты»[2] Р.Декарт и Б.Спиноза, а также Лейбниц, Гегель и многие др.

[2] Рационализм – (от лат. *ratio* — разум) — метод познания, в основе которого лежит разум (рассудочное мышление).

Индукция (от лат. *inductio* — наведение) – умозаключение, которое строится в отличие от дедукции в обратном «направлении» – от частного к общему (сначала факты, затем их обобщение). Характеризуя индуктивное умозаключение Аристотель писал: «Индукция есть умозаключение от частного к общему. Индукция убедительна и проста, и с точки зрения чувственного познания более выгодна и доступна, но силлогизм все же более доказателен и для дискуссии с противником более эффективен» (Аристотель, 1978). Это высказывание Аристотеля было основным аргументов его приверженцев в длительном споре дедуктивистов и индуктивистов (эмпиристов).

Различают несколько видов индукции: «полная индукция» – индуктивное умозаключение, в котором из всей совокупности фактов делается общий вывод; «неполная индукция» – индуктивное умозаключение, которое дает общий вывод только из части имеющихся фактов. Пример неполной индукции: к случаям S1,S2, S3, ... принадлежит P Следовательно, P принадлежит и S4,S5,S12 и т.д., т.е. ко всем S-P. Неполная индукция – это индукция через простое перечисление, т.е. индуктивное умозаключение, строящееся на обобщении отдельных признаков ряда предметов на весь этот ряд.

Примеров использования индукции для открытия законов природы можно привести много. Самый яркий из них – периодический закон химических элементов Д.И.Менделеева, открытый им по неполной индукции.

Исходя из этого, казалось бы, в научных исследованиях, следует отдать предпочтение именно индукции, поскольку только она способна дать «прибавку нового знания», тогда как дедукция может лишь констатировать или «выводить» частные законы, подчиняющиеся (или выводящиеся) из общих. В длительном споре индуктивистов и дедуктивистов родилась и так называемая «абдукция» – (индукция + гипотетико-дедуктивный метод) – подход, являющийся разновидностью гипотетико-дедуктивного метода и предполагающий, что исходные гипотезы вводятся не произвольно, а в результате индуктивных обобщений.

Самым ярким представителем классического индуктивизма (эмпиризма) был Ф.Бэкон – родоначальник индуктивного способа получения умозаключения, основанного на опытных данных (фактах) – «метода Бэкона». В основу познания он кладет опыт и именно опыт, а не первичное наблюдение. Бэкон критикует голый, "бескрылый" эмпиризм. "Те, кто занимались науками, были или эмпириками, или догматиками. Эмпирики, подобно муравью, только собирают и пользуются собранным. Рационалисты, подобно пауку, из самих себя создают ткань. Пчела же избирает средний способ, она извлекает материал из цветов сада и поля, но располагает и изменяет его собственным уменьем". "Союз опыта и рассудка" – таков исходный пункт методологии Бэкона.

Предлагая и формализуя свой метод, Ф. Бэкон считал возможным обучить любой ум процессу научной индукции и расписать этот процесс по таблицам. При этом его не пугало впадение в крайность. В кратком виде «**метод Бэкона**» сводится к следующим формальным процедурам:

1. Сначала, по Бэкону, надо свести все факты, в которых фигурирует изучаемое явление, в "таблицу положительных инстанций".
2. Затем надо подыскать аналогичные факты, в которых данное явление отсутствует и свести их в "таблицу отрицательных инстанций".
3. Сопоставлением таких таблиц будут исключены те факты, которые являются несущественными для данного явления.
4. Затем составляется таблица сравнения, показывающая, какую роль играет усиление одного фактора для данного явления.
5. В результате такого сравнения получается искомая "форма" или «закон природы».

Данный метод при всей его архаичности и формализованности, без сомнения является прототипом или предтечей современных теорий факторного, планируемого эксперимента.

Не удивительно, что у него было много великих последователей, принявших его метод за основной в своих научных исследованиях. Среди них были Г.Галилей, И.Ньютон, Д.Локк, Дж.Милль, Д.Беркли, Д.Юм и многие др. Наиболее обстоятельное развитие идей методологии Бэкона дал Дж.Милль. В попытке ещё более формализовать процесс получения «нового знания», он разработал свои методы познания, вошедшие в методологию наук как «методы Милля». Вследствие этого в современной методологии наук их объединяют под названием «метод Бэкона-Милля».

Четыре метода Милля индуктивного исследования направлены, прежде всего, на выявление причины тех или иных явлений. Рассмотрим их кратко.

1. **Метод сходства *(согласия):*** если в разных случаях изучаемого явления только А является общим для всех случаев обстоятельством, то А и будет причиной этого явления.

В этом методе анализируются части явления предшествующие и последующие, на основе чего затем и дается заключение о причине явления (события и т.п.).

2. **Метод разницы (различия):** если явление наступает и не наступает при всех обстоятельствах кроме одного, то оно (это одно обстоятельство) и будет причиной этого явления. Соединение 1 и 2 метода (сходства и различия) называют ***соединенным методом.***

3. **Метод остатков.** Его суть становится ясна из следующего примера. Нам дан ряд явлений «А,В,С» – предшествующих и ряд а,в,с – последующих. Если из предыдущего опыта известно, что А есть причина явления а, а В есть причина в, тогда вычитая известные причины получим (в остатке), что С есть причина явления с. Таким образом установлена причина явления.

4. **Метод сопутствующих изменений:** если определенное изменение какого-либо явления всегда вызывает определенное изменение в параллельном (другом) явлении, то первое будет причиной второго. Например, а) нагревание и увеличение объема тел; б) приложение давления и деформирование тел и т.д.

Все методы Милля – по сути, есть применение метода ***неполной индукции*** (рассмотренного выше). Но они не гарантируют от ошибок – ложного обобщения.

Наиболее обстоятельную критику «метода Бэкона-Милля» в последнее время дал К.Поппер. Критика К.Поппером индуктивного метода Бэкона-Милля сводится в основном к двум позициям: 1). Сформулировать заключение о единичном факте можно лишь на основе общих понятий, а это возможно лишь на базе уже имеющихся теорий и гипотез; 2). Для научных наблюдений (а не простого созерцания) уже нужна изначальная научная идея (или программа наблюдений, гипотеза и т.п.); поэтому именно с гипотезы только и начинается научное исследование. Это и есть абдукция.

Тем не менее, весь ход истории науки показывает, что спор между дедуктивистами и индуктивистами не может быть окончательно решен в чью-либо пользу: оба эти метода научных исследований имеют одинаковое право на существование. Ученый должен владеть способами и дедуктивного, и индуктивного получения нового знания. При этом выбор предпочтений обусловливается многими обстоятельствами, включая особенности объекта исследования, первичной информации о нем, интуицией ученого и т.п.

На наш взгляд более важным выводом является то утверждение, что процесс получения нового зна-

ния вряд ли можно строго формализовать, несмотря на все заслуги в развитии.и философии и методологии наук. Тем не менее, однозначно отрицать формализацию научного исследования (или мышления) также нельзя. Иначе (без формализации) по крайней мере, не будут учитываться все те накопленные правила, приемы, способы выявления нового знания, которые уже достаточно зарекомендовали себя и были неоднократно проверены и подтверждены практикой. Если же говорить об инженерной геологии, то без формализации исследований будут невозможны инженерные изыскания, которые как раз и представляют крайнюю форму такой формализации.

Имеющиеся на данный момент документы, регламентирующие инженерные изыскания для различных видов строительства в РФ, основаны как на обобщении накопленных опытных инженерно-геологических данных (индукция), так и на выявлении частных закономерностей при изучении тех или иных особенностей грунтов, грунтовых массивов, литотехнических систем, геологических и инженерно-геологических процессов и т.п.

4.3.4. Абстрагирование, идеализация и формализация в инженерной геологии

Абстрагирование – отвлечение от ряда несущественных для данного исследования свойств изучаемого явления (процесса и т.п.) с одновременным выделением интересующих нас свойств.

Идеализация – мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследований.

И абстрагирование, и идеализация являются важными мыслительными способами эвристической деятельности ученого, а от умения ими пользоваться часто зависит эффективность исследования в целом.

Формализация – метод представления результатов исследования в виде формул, схем и специальной символики. Он представляет собой упорядочение, фиксирование и выражение существенных сторон соотношений и функций элементов в системе на основе точно определенных правил. Формализация применяется для обобщения свойств и поведения формально подобных систем независимо от содержания; это позволяет распространять формализованные характеристики (и сведения) на все объекты с подобной или одинаковой формальной структурой (Голодковская и др., 1987).

Естественно, что формализация всегда влечет за собой некоторое упрощение картины реальных объектов, и между их содержанием и формализованным выражением всегда имеется не полное тождество, как, например, и в любой модели. Но при этом достигается главное – путем упрощения выявляются наиболее общие стороны изучаемого объекта, процесса, явления и т.п.

Сам способ формализации может реализовываться в виде различной символики или системы кодов, в качестве которых могут применяться математические символы, формулы, а также графические схемы или иная специальная символика, как, например, в теории графов. Применение специальных кодов позволяет производить логические и иные операции, в том числе с использованием компьютеров и специальных программ.

4.3.5. Метод аналогий в инженерной геологии

Анало́гия (др.-греч. ἀναλογία — соответствие, сходство) — подобие, равенство отношений; сходство предметов (явлений, процессов) в каких-либо свойствах, а также познание путём сравнения. При этом аналог – идеальный объект, адекватно отражающий какие-либо реальные предметы, процессы, явления, закономерности и т.п. Аналог является базой для аналогии (Пашкин и др., 2011).

Метод аналогий – метод исследований, посредством которого достигается знание о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими. Универсальный метод в геологии, с помощью которого изучаются различные геологические процессы и явления. При этом следует иметь в виду, что метод аналогий не является способом доказательства, а является методом формулирования гипотез, а следовательно закономерности, выявленные с его помощью, должны пройти процедуру доказательств.

В этой связи метод аналогий весьма близок к принципу актуализма – широко распространенному в геологии методу исследований, введенному Ч.Лайелем, который писал: «Настоящее есть ключ к прошлому». Принцип актуализма в геологии предписывает считать, что в прошлом любые геологические системы функционировали по тем же законам, что и их современные аналоги. Он не является аксиомой, он является именно принципом, рабочей гипотезой, пока имеющиеся факты ее не опровергают. Поэтому закономерности, выявленные с помощью принципа актуализма, строго говоря, должны пройти процедуру доказательств, а сделать это для ряда прошлых геологических событий невозможно. Принцип актуализма в инженерной геологии применяется для ретроспективного анализа и, в частности, выражается в виде закона унаследованности (см. раздел 6.4.1).

Метод инженерно-геологических аналогий разработан применительно к объектам инженерной геологии: с его помощью, например, изучаются инженерно-геологические процессы, проводится оценка устойчивости склонов водохранилищ при их переработке, прогнозируются вывалы при проходке тоннелей и т.п. Его схема реализации довольно проста (рис.4.3.3): Для изучаемого с помощью средств наблюдения и управления инженерно-геологического объекта подыскивается его аналогия – обосновывается аналогичный объект, который изучен достаточно полно. Затем эта имеющаяся информация с известного объекта переносится (по аналогии) на изучаемый неизвестный объект и на основе этого делаются заключения о свойствах (особенностях) данного изучаемого объекта.

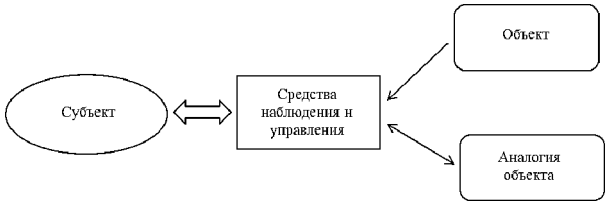


Рис.4.3.3. Схема структуры метода аналогий

Ключевым моментом в методе аналогий является обоснование и выбор аналогии. Для геологических объектов, процессов и явлений это сделать довольно сложно, т.к. каждый геологический объект (процесс, явление) по своему уникален и не имеет аналогов. Тем не менее, метод аналогий применяется довольно широко в инженерной геологии, поскольку важно обосновать аналогию лишь существенных сторон сравниваемых объектов (процессов, явлений).

Между сравниваемыми объектами должно иметься как различие, так и подобие; то, что является основой сравнения (tertium comparationis), должно быть более знакомым (более известным), чем то, что подлежит сравнению.

Различие и подобие вещей должны существовать в единстве (метафизическая аналогия) или, по крайней мере, они не должны быть разделяемы (физическая аналогия).

В т. н. атрибутивной аналогии то, что является основанием подобия двух вещей, переносится с первого члена аналогии на второй (когда, например, по аналогии с человеческим телом поступки, поведение человека рассматривают как «здоровые»).

В т. н. пропорциональной аналогии каждый из членов аналогии содержит нечто, в чём он в одно и то же время подобен и не подобен другому.

Наиболее распространенные виды аналогии следующие: 1) прямая аналогия – сравнение напрямую изучаемого объекта со схожим; 2) символическая (абстрактная) аналогия – основана на парадоксальной форме мышления (например: «прочность – это принудительная целостность» и т.п.); 3) личная аналогия – отождествление себя с исследуемым объектом («вживание в образ» и описание своих ощущений); 4) фантастическая аналогия – введение в объект «фантастических» элементов или средств, помогающих выявить изучаемое (типа «волшебной палочки»); 5) физическая и математическая аналогии – основаны на внешнем сходстве структур, физ. законов, формул и т.п. Лежит в основе физ. и мат. моделирования; 6) выясненная аналогия (в которой сопоставляемые элементы сходства можно проверить) и гипотетическая (смутная) аналогия (которую проверить нельзя, например, седиментация в докембрии и в наше время).

По аналогии нередко выводится или обосновывается так называемое «умозаключение по аналогии», составляющее суть метода аналогии. Его схема такова:

- Объект А обладает признаками a,b,c,d....,
- Объект В обладает признаками b,c,d....,
- Следовательно объект В возможно обладает признаком «а».

Метод аналогии опасен тем, что если он основывается на сходстве внешних или второстепенных признаков, то можно получить ошибочное умозаключение. Пример тому – ошибочное объяснение движение Солнца вокруг Земли.

Для исключения ошибок существуют некоторые правила применения метода аналогий:

1. Аналогия должна основываться на существенных признаках и на большом числе свойств сравниваемых объектов;
2. Связь сравниваемых признаков должна быть максимально тесной;
3. Аналогия устанавливается лишь для определенной связи, а не для всех отношений;
4. Аналогия должна дополняться перечнем различий (которые подлежат дальнейшему изучению).

Частным случаем аналогии является подобие. Два явления подобны, если по заданным характеристикам одного можно получить характеристики другого простым пересчетом (аналогично переходу от одной системы измерений к другой). Таким образом **подобие** – это сходство доведенное до пропорциональности изменений (т.е. более жесткое сходство, чем простая аналогия).

Подобие имеет огромную роль в геологии, инженерной геологии и многих др. науках и изучается в **теории подобия**, основоположником которй был И.Ньютон. Теория подобия важна тем, что она, кроме прочего, является основой моделирования. В основе современной теории подобия лежат три теоремы подобия.

Первая теорема подобия (прямая): если физические процессы подобны друг другу, то их одноименные критерии подобия имеют одинаковую величину. Т.е. у подобных геологических процессов, явлений некоторые характеристики совпадают (инвариантны), другие изменяются согласованно (ковариантны), третьи – несогласованно (моноварианты). Сходство критериев подобия (инвариантных и ковариантных величин) означает подобие самих явлений. **Вторая и третья теоремы подобия имеют подчиненный характер.**

Критерии подобия – безразмерные комбинации величин, отражающие связи между существенными характеристиками. В теории подобия выделяется много видов и критериев строгого (физического) подобия. Среди них: 1) геометрическое подобие – пропорциональность формы и размеров; 2) кинематическое – пропорциональность скорости, ускорений, направлений движений; 3) динамическое – пропор-

циональность движений и сил; 4) механическое – пропорциональность отношений между массами; 5) тепловое, физико-химическое и т.п.

Кроме того, различают полное и неполное подобие. Неполное подобие называется также приближенным подобием.

Геологическое подобие относится как раз к случаю приближенного подобия, при котором два или более геологических процессов (явлений) лишь приближенно пропорциональны друг другу (только по существенным характеристикам). Теория геологического подобия разработана в трудах Л.Б.Розовского, Ф.А.Усманова и И.П.Зелинского и имеет большое значение для инженерной геологии.

Выделяются различные типы геологического (или инженерно-геологического) подобия: 1) территорий; 2) геологических тел (от массивов до образцов); 3) процессов; 4) явлений. Их изучение позволяет решать задачи моделирования и прогнозирования.

Метод инженерно-геологических аналогий широко применяется в инженерной геологии, в частности в исследованиях Ю.Г.Баландина, М.В.Воскобойникова, Е.С.Дзекцера, И.В.Дудлера, Е.П.Емельяновой, И.П.Зелинского, Г.С.Золотарева, А.К.Кагана, А.В.Количко, О.Г.Лиходеевой, Е.М.Пашкина, Л.Б.Розовского, Л.Т.Роман, Н.В.Тюниной (2008)[1], Ф.А.Усманова, Л.Д.Чхеидзе, Н.Л.Шешени и др.

В частности, метод природных аналогов Л.Б. Розовского был разработан для прогноза развития берегов, сложенных преимущественно лёссовидными и рыхлыми отложениями на примере Днепровского каскада ГЭС. Оценка абразионной устойчивости склонов водохранилищ производится с помощью так называемых альбомов природных аналогов, которые представляют собой участки побережий исследованного водохранилища. На картах показано положение отдельных элементов рельефа или водохранилища (бровка берегового откоса, горизонта НПГ и т. п.) до наполнения, через 2 года и через 5 лет после наполнения. Применение в качестве аналогов отдельных участков позволяет учитывать развитие процесса в пространстве. Прогноз выполняется в процессе интерпретации данных выбранного в альбоме аналога на оцениваемый объект берега. В начале качественно оценивается однообразие аналога и объекта, при этом учитывается: – геолого-геоморфологическое строение; гидрологический режим; механизм переработки берегов; динамические типы берегов и т. д. Потом вычисляются критерии геологического подобия (КГП), которые представляют собой безразмерные числа, отражающие существенные стороны явлений и их взаимодействий, Л.Б.Розовский считает, что общими (уникальными) и определяющими для всех альбомов будут три критерия: K_1 — критерий геодинамического подобия, представляющий отношение энергии факторов, способствующих разрушению береговых уступов к потенциальной энергии факторов, противодействующих этому разрушению; K_2 — критерий литологического подобия; K_3 — критерий геометрической формы, который может быть выражен любой морфологической характеристикой. Достаточное совпадение этих критериев на аналоге и объекте позволяет оценить процесс абразии на интересующем участке.

В 2012 г. И.В.Абатурова обосновала возможность использования метода аналогий для прогноза разработки месторождений полезных ископаемых на ранних стадиях изучения[2], Н.В.Тюниной (2008) – при изысканиях на городских территориях.

[1] Тюнина Н.В. Особенности применения метода инженерно-геологических аналогий при изысканиях на городских территориях. / Автореф. дисс. ....канд. г.-м. наук. – М., РГГРУ, 2008, 23 с.

[2] Абатурова И.В. Научно-методические основы изучения, оценки и прогноза инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых в скальных массивах. / Автореф. дисс... доктора г.-м. н. – Екатеринбург, УГГУ, 2012, 32 с.

4.3.6. Таксономия, типизация и классифицирование в инженерной геологии

Таксономия (от греч. taxis – расположение, строй, порядок и nomos – закон) – теория систематизации и классификации сложноорганизованных систем, обычно имеющих иерархическое строение (термин ввел французский ботаник Огюстен Декандоль (1778-1841)). Строго говоря, таксономия – один из теоретических способов обобщения (см. выше).

В основе таксономии находятся так называемые таксономические категории или таксоны, как, например, в ботанике или зоологии выделяют по убыванию: тип, класс, отряд, семейство, род, вид, разновидность (подвид) и т.п.

При этом под таксоном понимают группу дискретных объектов, связанных определенной степенью общности свойств и признаков. Таксон – идеальное понятие, вводимое субъектом (исследователем) для систематизации сложных объектов исследования. Наибольшие успехи с помощью таксономии и были достигнуты в биологии (работы К.Линнея по таксономии в ботанике и зоологии). Однако, применение такого же подходя к объектам неживой природы, в частности, в геологии – не принесли ожидаемого успеха, а получаемые классификации выглядели слишком искусственно. Тем не менее, методы таксономии не утратили своего значения и в геологических науках, включая и инженерную геологию.

Одним из широко распространенных методов таксономии является типология – метод научного познания, в основе которого лежит расчленение систем объектов и их группировка с помощью идеализированной модели – типа (разновидность сравнительного анализа).

Выделяется два основных уровня или способа типологии: 1) эмпирическая типология – «выявление типа» опытным путем (на базе эмпирических фактов, наблюдений, фиксации устойчивых признаков и т.п.); 2) теоретическая типология – выделение типа на базе теоретических обобщений признаков, построение теоретического обоснования типа.

Ключевым элементом в типологии является выделение типа – идеальной единицы расчленения изучаемой реальности, выделяемой и обосновываемой исследователем по ряду ведущих признаков.

Тип в зоологии и ботанике (так называемый типовой вид) продолжает играть важную роль в современной систематике.

Тип в геологии и инженерной геологии также широко применяется в целом ряде случаев, в том числе при выделении типов грунтовых толщ, типов искусственных грунтов, типов инженерно-геологических условий и т.п.

Поэтому значение типологии в инженерной геологии весьма велико: она является основой типологического инженерно-геологического районирования территорий (см. ниже).

Наряду с типологией необходимо различать такое понятие как типизация (или типизирование) – отнесение того или иного объекта к определенному выделенному классификационному типу.

Типизация инженерно-геологических условий – выявление и целенаправленное выделение типов ИГ условий, свойственных изучаемой территории (Трофимов, 1982).

Она широко используется в инженерной геологии, в частности в работах И.В.Попова, Е.М.Сергеева, В.Т.Трофимова и многих др.

И.В.Абатуровой (2012) была разработана типизация ИГУ месторождений полезных ископаемых в скальных массивах по сложности условий их разработки, К.А.Аствацатуровой (2009)[1] – типизация ИГУ городских территорий для их освоения и обоснования схем инженерной защиты.

Тип инженерно-геологических условий – идеализированное представление (модель) о конкретных инженерно-геологических условиях данной территории, выделяемое по некоторым ведущим признакам.

Типизация в инженерно-геологических целях осуществляется поэтапно (Трофимов, 2007):

1. Определение границ объекта исследований.
2. Изучение объекта.
3. Выбор признаков типизации.
4. Выбор степени их неразличимости (шаг деления признака).
5. Иерархическое подразделение признаков (выстраивание в ряд по степени значимости).
6. Деление объекта по принятым признакам.
7. Построение схемы типизации.

Весьма близко к типизации стоит **инженерно-геологическое районирование** – выявление на основе совокупности теоретических положений и методических приемов в верхних горизонтах земной коры системы территориальных элементов, обладающих какими-либо общими инженерно-геологическими признаками, отграничение их от территорий, не обладающих этими признаками, систематика, картографирование и описание (Базовые понятия..., 2012). При этом признаки районирования — это качественные или количественные показатели, на основе которых производят выделение территориальных таксономических единиц.

Согласно В.Т.Трофимову (1986) инженерно-геологическое районирование проводится на основе учета шести принципов – правил районирования: 1) принципа вещественно-морфологической природы инженерно-геологических признаков районирования; 2) принципа логической и объемной соразмерности (полноты и непрерывности) деления; 3) принципа содержательной соразмерности выделяемых элементов одного уровня; 4) принципа одного основания деления; 5) принципа исключения территориальными (объемными) элементами друг друга; 6) принципа определенности (единственности) признака проведения границы между территориальными элементами.

Инженерно-геологическое районирование, как метод теоретического обобщения наиболее, широко применяется в региональной инженерной геологии. По сути инженерно-геологическое районирование это типизация территорий (регионов) по выделенным типам, обособляемым по некоторым ведущим признакам или набору показателей. Систематика типов инженерно-геологического районирования показана на рис.4.3.4, а классификация систем инженерно-геологического районирования – на рис.4.3.5.

Существуют три принципиально разных подхода к районированию: 1) подход, основанный на учете региональных факторов инженерно-геологических условий; 2) подход, основанный на учете зональных геологических факторов инженерно-геологических условий; 3) подход, основанный на одновременном (сопряженном) учете региональных и зональных геологических факторов инженерно-геологических условий (Базовые понятия..., 2012).

Различают два типа районирования: 1) однородное районирование — поиск и выделение одинаковых районов по некоторым обоснованным однородным признакам, при этом выделяют однопризнаковое и многопризнаковое однородные районирования; разновидность однородного районирования: типологическое районирование; 2) узловое районирование — выделение районов по интенсивности каких-либо связей внутри них; этот тип районирования наиболее эффективен для оценки сферы влияния городов, транспортных узлов, предприятий, ПТС, при этом границы района проводятся там, где выбранные показатели принимают минимальные значения.

Классификация (от лат. classis – разряд, класс) – система упорядоченных, соподчиненных понятий, представляемая в виде таблиц (схем) и составленная на основе определенных признаков. Любая классификация содержит в себе элементы анализа и синтеза.

Классифицирование (как процесс) – разновидность анализа, под которым понимают деление объема понятия (см. пирамиду понятий, гл.2).

Принцип классифицирования – способ построения классификации. При этом обоснование признака классификации – основная проблема при её построении, т.е. выбор основания деления.

[1] Аствацатурова К.А. Типизация инженерно-геологических условий городских территорий для их строительного освоения и обоснования схем инженерной защиты / Автореф. дисс.... канд. г.-м. наук. – М., РГГРУ, 2009, 28 с.

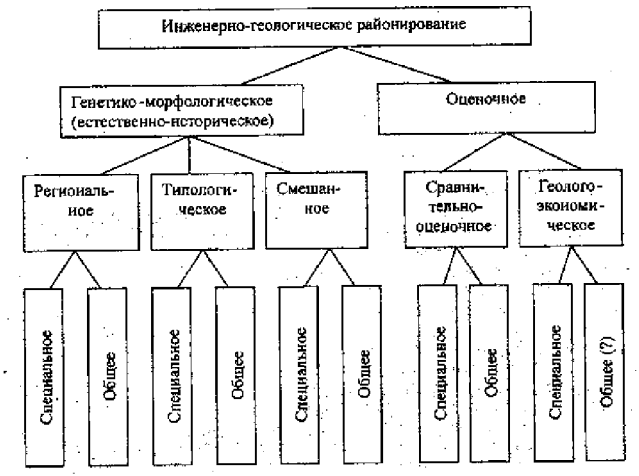


Рис. 4.3.4. Систематика типов инженерно-геологического районирования (по Трофимову, 1979)

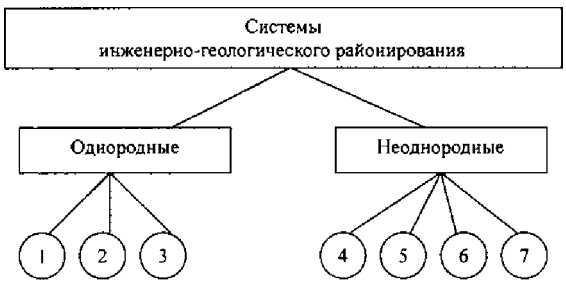


Рис. 4.3.5. Классификация систем инженерно-геологического районирования (Трофимов, Богданов, 1988):
1 – однорядная; двухрядная; 3 – многорядная; 4 – однорядно-двухрядная, 5 – однорядно-многорядная;
6 – двухрядно-многорядная; 7 – однорядно-двухрядно-многорядная

Формально исходя из способа расчленения выделяется несколько видов классификаций: 1) дихотомические – деление на два; 2) десятичные – деление на 10; 3) типа перечисления (алфавитные и т.п.); 4) линейные (иерархические или типа соподчинения); 5) предметные или морфологические; 6) генетические – раскрывают историю, происхождение (генезис), эволюцию объектов; 7) естественные и искусственные (по типу существенного признака); 8) целевые (отраслевые, общие, частные, специальные и т.п.); 9) гомогенные (одно основание деления на каждом уровне – строгие) и гетерогенные (два и более оснований деления – не строгие классификации).

Особенно важную роль в геологии вообще и инженерной геологии в частности, играют генетические классификации. Так, например, в грунтоведении общая классификация грунтов строится именно на генетической основе и является генетической (Грунтоведение, 2005).

Существует два способа построения любых классификаций: индуктивный (от частного к общему) и дедуктивный – от общего к частному (см. выше). Оба метода применяются на равных правах, но при этом необходимо следовать некоторым правилам построения классификаций. В их основе лежат законы логики (законы деления):

1. Деление должно быть соразмерным (объем деления должен быть равен сумме делимых объемов).
2. В гомогенной классификации деление должно проводиться по одному основанию (существенному признаку).
3. Члены деления должны исключать друг друга.
4. Деление должно быть непрерывным (например, тип делим на классы, класс – на подклассы и т.п.).

Классификации в инженерной геологии как способ теоретического обобщения знаний, широко используются во всех трех направлениях инженерной геологии: в грунтоведении это гранулометрические и иные классификации грунтов (см. например, ГОСТ 2510-2011. Грунты. Классификация); в инженерной геодинамике это инженерно-геологические классификации процессов и явлений, классификации массивов и т.п.; в региональной инженерной геологии – это классификации типов инженерно-геологических структур и др.

При этом в инженерной геологии различают частные и общие, региональные и отраслевые классификации. Частные классификации охватывают ограниченный круг инженерно-геологических объектов (например, только песчаные грунты), а общие – широкий. Региональные классификации разрабо-

таны и применимы лишь к конкретному региону, с его специфическими инженерно-геологическими условиями. Отраслевые классификации применяются в отдельных отраслях промышленности или хозяйственной деятельности (например, отраслевые инженерно-геологические классификации, применяемые для анализа угольных месторождений, или использующиеся при строительстве метрополитена и т.п.).

Значение классификаций в инженерной геологии трудно переоценить и по крайне мере сводится к следующим позициям: 1) классификация это упорядочение, систематизация инженерно-геологических знаний (т.к. строится на закономерных связях); 2) это – обобщенное представление об инженерно-геологических объектах; 3) классификация дает возможность получения новых знаний (по примеру периодической системы элементов Менделеева); 4) это – способ перехода от эмпирических к теоретическим знаниям.

4.3.7. Математические методы в инженерной геологии

Инженерная геология тесно связана с математикой, точнее – с применением математических методов для решения инженерно-геологических задач. Поскольку инженерно-геологическая информация (см. гл. 4.1) должна среди прочего обладать точностью данных и базироваться в ряде случаев на математических расчетах, то важная роль математических методов для инженерной геологии никогда не вызывала сомнений. Многие инженер-геологи постоянно ставили задачу углубления степени «математизации» инженерной геологии, более широкое внедрение в ее практику математических методов. И.С.Комаров и Н.В.Коломенский (1956) считали количественную оценку инженерно-геологических процессов одной из основных задач инженерной геологии. Ряд математических методов, рассматриваемых как общенаучные, был охарактеризован выше. Наиболее широко в инженерной геологии применяются методы математической статистики.

Еще в XVII в. ученые поняли, что истинность и достоверность научного знания определяется степенью его математизации. И.Кант утверждал, что в каждом знании столько истины, сколько есть математики. Логическая стройность, строго дедуктивный характер построений, общеобязательность выводов создали математике славу образца научного знания. Хотя в истории науки были и противоположные взгляды на роль математики, в том числе у Гёте, Шопенгауэра, Р.Фейнмана и др. (Бондарев, 2013).

В разных геологических науках степень их математизации различна: многие геологические дисциплины по-прежнему являются в основном описательными, в них математические методы внедряются с трудом. Другие геологические науки, и в их числе находится инженерная геология, а также геофизика, кристаллография и др., имеют относительно высокую степень математизации. Главная трудность внедрения математики в геологических науках связана с тем, что в геологии изучаются системы, обладающие множеством специфических свойств, что затрудняет поиски качественной однородности среди них. А математические методы применимы лишь для объектов и явлений, обладающих качественной однородностью и вследствие этого количественно и структурно сравнимых (Бондарев, 2013). Таким образом, чем сложнее объект исследования, тем труднее он поддается математизации.

Тем не менее, именно инженер-геологи первыми предложили и внедрили способы количественного описания состава, строения и свойств грунтов, различных геологических процессов и инженерно-геологических условий. В настоящее время инженерной геологии можно выделить несколько основных направлений математизации: 1) количественный анализ и количественная формулировка качественно установленных фактов, закономерностей и законов во всех трех направлениях инженерной геологии; 2) построение математических моделей (в т.ч. прогнозных) различных процессов, явлений и инженерно-геологических объектов; 3) построение и анализ конкретных научных теорий в грунтоведении, инженерной геодинамике и региональной инженерной геологии с использованием математического языка и возможностей.

Что касается первого направления, то, пожалуй, оно развивается наиболее успешно, хотя многие инженерно-геологические закономерности и законы все еще носят вербальный характер и не имеют математического выражения. Между тем в этом направлении делалось и делается очень многое. Отдельные разделы грунтоведения и механики грунтов прочно базируются на математических количественных формулировках. Большой вклад в математизацию этого направления инженерной геологии внесли работы Ю.Г.Баландина, Г.К.Бондарика, В.В.Дмитриева, Д.С.Дроздова (1983), Н.В.Коломенского (1956), Е.Н.Коломенского, И.С.Комарова (1972), И.Н.Ивановой, Л.В.Иванова, Е.Н.Иерусалимской, Н.Н.Маслова, В.В.Пендина (2009), Э.И.Ткачука (1998)[1], Н.М.Хайме, П.В.Царева и др. Основы методики количественного определения расчетных и обобщенных значений показателей свойств грунтов, выделения инженерно-геологических элементов и обработки результатов экспериментального изучения свойств грунтов методами математической статистики, применение корреляционного анализа в инженерной геологии, математическое обоснование систем опробования впервые были разработаны И.С.Комаровым и Е.Н.Коломенским (1956). Результаты этих исследований затем были реализованы в ГОСТах и др. нормативных документах, прочно вошедших в практику инженерно-геологических изысканий. Общие теоретические основы комплексного количественного анализа информации в инженерной геологии разработал В.В.Пендин (2009).

По второму направлению у инженер-геологов также есть определенные успехи. Еще в 1950-е гг. И.С.Ко-

[1] Ткачук Э.И. Развитие теоретических основ прогноза свойств глинистых грунтов // Проблемы инж. геологии. Матлы научно-мет. Конф., посвященной 85-летию В.Д.Ломтадзе. – СПб., СПб Гос. горный институт, 1998, с. 50-52.

маров стал использовать вероятностно-статистические методы для оценки инженерно-геологических условий. Позже эти методы прочно вошли в методику инженерно-геологических изысканий: с их помощью выделяются инженерно-геологические элементы, рассчитываются нормативные и расчетные характеристики грунтов, оцениваются особенности полей геологических параметров (по Г.К.Бондарику) и т.п. Методику комплексной количественной оценки инженерно-геологических условий (ИГУ) детально разработал В.В.Пендин (2009). Она включает в себя вычисление интегрального показателя ИГУ, применение дискриминантного и факторного анализа и др. операции.

Наряду с этим, В.В.Пендиным (2009) разработана методика комплексной количественной оценки информации и при региональных инженерно-геологических исследованиях, включая инженерно-геологическое картирование, инженерно-геологическое районирование и региональное прогнозирование.

На основе вероятностно-статистических методов осуществляется прогноз развития различных опасных экзогенных процессов (впервые эти методы были разработаны Н.Л.Шешеней), а в области региональной инженерной геологии – оценка территорий по степени проявления опасных процессов и т.п. В настоящее время именно математическое моделирование является основным среди методов инженерно-геологического моделирования[1].

По третьему направлению, к сожалению, имеется явное отставание инженерной геологии. Это связано с трудностью разработки собственных инженерно-геологических теорий (см. гл.6). В тоже время в качестве примера построения такой конкретной инженерно-геологической теории на языке математики можно привести теорию поля геологического параметра Г.К.Бондарика. Однако таких примеров можно указать не много – большинство инженерно-геологических теорий выражено в вербальной форме.

Новый этап математизации инженерной геологии связанный с широким внедрением компьютерной техники и математических программ начался с 1980-х годов и продолжается ныне. Постоянно расширяющиеся компьютерные возможности применения математики на этом этапе позволяют более эффективно решать: 1) задачи математического моделирования сложных геологических и инженерно-геологических процессов, включая трехмерное моделирование (или 3D-моделирование) и четырёхмерное моделирование (4D-моделирование или динамическое 3D-моделирование) и т.п.; 2) задачи оценки устойчивости склонов и инженерно-геологических расчетов; 3) задачи оценки напряженно-деформированного состояния массивов горных пород; 4) задачи прогнозирования и развития массо- и энергопереноса в грунтах и грунтовых массивах и т.п.

Наконец, с помощью математических методов и компьютерных технологий в настоящее время активно создаются различные инженерно-геологические геоинформационные системы (ГИС), позволяющие хранить и оперативно обрабатывать большие объемы инженерно-геологической информации, на основе математических моделей составлять оперативные прогнозы, строить «дежурные» карты, оценивать риск ОГП, выявлять пространственную неоднородность инженерно-геологических параметров и т.п. Роль таких ГИС в инженерной геологии также постоянно возрастает.

[1] См. например: Федодеев В.И. Математическое моделирование процессов деформирования и массопепеноса в полидисперсных породах / Автореф. дисс.... доктора т. наук. – Электросталь, 2005.

4.3.8. Общефилософские законы и их применение в инженерной геологии

Среди общефилософских законов, имеющих важное методологическое значение для разных наук, в том числе и для инженерной геологии, выделяются, прежде всего, законы диалектики. Эти законы были развиты Гегелем лишь как законы мышления, а в работах К.Маркса и Ф.Энгельса охарактеризованы как всеобщие законы развития природы и общества, имеющие «силу также и для теоретического естествознания»[2]. Последнее обстоятельство и обусловливает их применимость для решения различных научных задач геологии, и инженерной геологии в том числе.

Закон единства и борьбы противоположностей. Ф.Энгельс в «Диалектике природы» называет его также «законом взаимного проникновения противоположностей»[3].

Значение этого закона для гносеологии состоит в том, что он раскрывает источники, причины развития и изменения материального мира. Из него вытекает, что анализ противоположностей, противоречий – требование любого научного исследования, выясняющего причинно-следственные связи в изучаемых явлениях и процессах. Во всех научных разделах инженерной геологии применение данного закона, анализ противоречий и противоположностей как раз и позволяет: в грунтоведении выявлять причины изменения состояния и свойств грунтов и грунтовых массивов; в инженерной геодинамике – причины развития геологических и инженерно-геологических процессов и явлений; в региональной инженерной геологии – причинно-следственные связи развития и формирования региональных инженерно-геологических закономерностей тех или иных территорий.

При этом необходимо рассматривать два вида противоречий: 1) внутренние противоречия, являющиеся основными, присущими самому изучаемому объекту; 2) внешние противоречия, являющиеся второстепенными, но также вносящими вклад в причинно-следственные связи рассматриваемого объекта исследования.

Кроме того, необходимо иметь ввиду, что единство противоположностей относительно (временно), а их «борьба» – абсолютна.

Закон перехода количества в качество и обратно. Ф.Энгельс в «Диалектике природы» выражает этот

[2] Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. 1986. Т.5, с. 412

[3] Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. 1986. Т.5, с. 411

закон следующим образом: «в природе качественные изменения – точно определенным для каждого отдельного случая способом – могут происходить лишь путем количественного прибавления либо количественного убавления материи или движения (так называемой энергии)[1]».

Согласно этому закону, развитие осуществляется путём накопления количественных изменений в предмете, что неизбежно приводит к нарушению его меры (стабильного состояния) и скачкообразному превращению в качественно новый предмет. Закон дает ответы на вопросы: каков механизм рассматриваемого процесса, как появляются новые качества и т.п.? Его методологическое значение для инженерной геологии состоит в возможности его применения для анализа механизмов изучаемых процессов в грунтах, грунтовых толщах (массивах), для вскрытия механизмов инженерно-геологических процессов, изменения литотехнических и природно-технических систем, механизмов региональных инженерно-геологических изменений.

При этом напомним, что качество проявляется в свойствах предмета (различия между неподобными предметами), а количество проявляется в его частях (различия между подобными предметами). Количественные изменения в геологической среде носят медленный, постепенный характер, а качественные изменения – носят прерывный, скачкообразный характер.

Закон отрицания отрицания. Ф.Энгельс, характеризуя действие закона отрицания отрицания в геологических процессах, писал в «Анти-Дюринге»: «... вся геология представляет собой ряд отрицаний, подвергшихся в свою очередь отрицанию, ряд последовательных разрушений старых и отложений новых горных формаций. Сначала первичная, возникшая от охлаждения жидкой массы земная кора размельчается воздействиями океаническими, метеорологическими и атмосферно-химическими воздействиями, и эти измельченные массы отлагаются слоями на дне моря. Местные поднятия морского дна над уровнем моря вновь подвергают определенные части этого первого отложения воздействиям дождя, меняющейся в зависимости от времени года температуры, атмосферного кислорода и атмосферной углекислоты; под теми же воздействиями находится прорывающиеся через напластования из недр земли расплавленные и впоследствии охладившиеся каменные массы. Так в течение миллионов столетий образуются все новые и новые слои, – они по большей части вновь и вновь разрушаются и снова служат материалом для образования новых слоев. Но результат этого процесса весьма положителен: это – образование почвы, состоящей из разнообразных химических элементов и находящейся в состоянии мехнической измельченности, которое делает возможной в высшей степени массовую и разнообразнейшую растительность»[2].

И далее: «Итак, что такое отрицание отрицания? Наиболее общий и именно по этому наиболее широко действующий и важный закон развития природы, истории и мышления; закон, который, как мы видели, проявляется в животном и растительном царствах, в геологии, математике, истории, философии...»[3].

Иногда (особенно в постсоветский период) появляются высказывания о том, что общефилософские законы диалектики не применимы на практике для решения конкретных вопросов геологии, что их методологическое значение преувеличено марксистско-ленинской философией и т.п. Однако следует напомнить, что марксистско-ленинская философия и законы диалектики это разные вещи – законы диалектики существуют независимо от какой-либо философии.

Согласно Гегелю каждая из частных наук (математика, физика, химия и т.д., включая и инженерную геологию) изучает мир по-своему. Поэтому все эти науки находятся друг к другу в отношении рефлексии – отражают свою специфику через отрицательное (в смысле философского «отрицания») отношение друг к другу, а не в отношении понятия, где они должны были бы быть последовательными звеньями единой системы знания[4]. По Гегелю это ступень рассудочного знания, достигаемого с помощью философии.

Конечно, общефилософские законы трудно применять на практике, но это не повод отказа от них. Необходимо напомнить, что всеобщность этих законов – их главная особенность, но за этой «всеобщностью» естественно теряется «конкретное». Вспомним логическую «пирамиду понятий», согласно которой более общее понятие становится менее содержательным, менее конкретным по сравнению с менее общим понятием. Так и с законами: чем больше охватываемый ими объем предметов, на которые они распространяются, тем меньше их конкретное содержание, меньше в них конкретики. Это законы не функциональной связи, описываемые математическими выражениями, а законы вербальные. Поэтому если мы хотим получить конкретные решения в изучаемой области, применение общефилософских законов нам не поможет. Но если, напротив, мы хотим получить наиболее общие решения для любых сколь угодно сложных процессов или систем, то роль общефилософских законов здесь выступает на первый план.

Таким образом, законы диалектики дают наиболее общую картину мира. Они вскрывают наиболее общую причину (закон единства и борьбы противоположностей), механизм (закон перехода количества в качество) и тенденцию (закон отрицания отрицания) развития любого интересующего нас процесса. Их применение целесообразно на всех стадиях научного исследования в инженерной геологии при необходимости получения общих решений.

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. 1986. Т.5. С. 412

[2] Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. 1986. Т.5. С. 126-127.

[3] Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. 1986. Т.5. С. 130.

[4] Гегель. Наука логики. 1974, § 226.

4.4. Специальные методы исследований в инженерной геологии

Наряду с общенаучными методами, рассмотренными выше, в инженерной геологии существуют и **собственные методы исследований**, которые рассматриваются как специальные методы. Их отличительной особенностью является то, что они применяются лишь в инженерной геологии и только за редким исключением – в смежных областях. К ним относятся специальные лабораторные и полевые методы инженерно-геологических исследований, а также инженерно-геологическое моделирование, рассматриваемые ниже.

4.4.1. Лабораторные методы инженерно-геологических исследований

Специальные лабораторные методы инженерно-геологических исследований – собственные методы лабораторного изучения инженерно-геологических объектов, применяемые в тех или иных направлениях инженерной геологии.

В области грунтоведения к ним относятся комплексы лабораторных методов, относящиеся к шести группам:

1) методы изучения компонентного состава грунтов (методы изучения химико-минерального состава твердого компонента, состава и количественного содержания жидкого и газового компонентов, состава и количественного содержания биотической составляющей грунтов);
2) методы изучения строения грунтов (методы определения гранулометрического и микроагрегатного состава, параметров микро- и макростроения грунтов, трещиноватости, удельной поверхности грунтов и т.п.);
3) методы изучения химических свойств грунтов (методы определения кислотности и щелочности грунтов, химической агрессивности, коррозионной активности грунтов и т.п.);
4) методы изучения физико-химических свойств грунтов (методы изучения ёмкости катионного обмена грунтов, состава обменных катионов, методы определения параметров адсорбционных, диффузионных и электроповерхностных свойств грунтов; методы изучения капиллярных свойств и водопрочности грунтов, методы изучения набухаемости, усадочности и липкости грунтов);
5) методы изучения физических свойств грунтов (методы изучения плотности, пористости, гидрофизических характеристик, методы изучения электрических, теплофизических, магнитных, радиационных свойств грунтов);
6) методы изучения физико-механических свойств грунтов (методы изучения деформационных свойств, прочностных свойств, реологических свойств, методы изучения динамических и тиксотропных свойств грунтов).

На многие методы из этих шести групп разработаны специальные ГОСТы или иные нормативные документы, регламентирующие те или иные виды исследований. Это позволяет проводить лабораторные исследования с учетом единых требований и получать сопоставимые результаты.

В области инженерной геодинамики к специальным лабораторным методам исследований относятся главным образом методы моделирования (методы физического, математического и др. моделирования).

В области региональной инженерной геологии к специальным лабораторным методам относятся методы дешифрирования аэрофото- и космоснимков.

Все перечисленные выше специальные лабораторные методы исследований относятся к категории эмпирических методов и осуществляются с помощью той или иной аппаратуры, которая постоянно совершенствуется, обеспечивая повышение качества получаемой инженерно-геологической информации.

4.4.2. Полевые методы инженерно-геологических исследований

Специальные полевые методы инженерно-геологических исследований – собственные методы полевого изучения инженерно-геологических объектов, применяемые в тех или иных направлениях инженерной геологии.

В отличие от вышеописанных лабораторных методов, реализуемых в камеральных условиях, полевые методы исследований осуществляются на реальных геологических и инженерно-геологических объектах в натурных (полевых) условиях. Особенностью полевых методов инженерно-геологических исследований (в отличие от лабораторных) является возможность с их помощью получать всестороннюю информацию о грунтах в условиях их естественного залегания, в массиве. Это позволяет наиболее достоверно оценить инженерно-геологические особенности массива, как в его природном состоянии, так и при техногенном воздействии на него.

В области грунтоведения специальные полевые методы исследований применяются в основном с целью осуществления инженерно-геологического опробования, под которым понимается отбор и консервация образцов грунтов, включая содержащиеся подземные воды, для последующих исследований (Базовые понятия.., 2012). Опробование осуществляется при всех видах исследований и на всех этапах изысканий. Количество пунктов и система отбора образцов для каждого объекта (инженерно-геологического элемента, стратиграфо-генетического комплекса) планируются и определяются нормативным или расчетным способом. Кроме того используются следующие специальные методы:

1) методы изучения строения массивов грунтов (описание обнажений и горных выработок, методы инженерно-геологического бурения; методы статического и динамического зондирования и др.);
2) методы изучения деформационных свойств грунтов в массивах (методы штамповых испытаний, прессиометрии и др.);
3) методы изучения прочностных свойств грунтов в массивах (методы сдвига, выдавливания и обрушения целиков, методы лопастных испытаний, определения порового давления и др.).

При этом, необходимо учитывать тот факт, что ряд грунтов может быть изучен лишь в полевых условиях. К таким грунтам, прежде всего, относятся крупнообломочные и некоторые иные грунты. В частности гранулометрический состав крупнообломочных грунтов изучается в основном в полевых условиях по той причине, что представительная проба такого грунта может достигать массы в 2 т. Естественно, анализировать такую пробу в лаборатории не целесообразно, по этой причине разработан ряд способов проведения гранулометрического анализа подобных проб именно в полевых условиях.

В области инженерной геодинамики выделяется несколько групп собственных специальных полевых методов исследований:

1) методы изучения геологических и инженерно-геологических процессов (искиметрия, инженерно-геодезические методы, лазерное сканирование, дендрологические методы и др.);
2) методы изучения напряженного состояния грунтовых массивов;
3) методы режимных и мониторинговых исследований.

Отметим, что выше перечислены лишь собственные методы инженерной геологии, на практике же половые инженерно-геологические исследования дополняются методами смежных дисциплин – геофизическими, гидрогеологическими, геокриологическими, геодезическими и др. На многие из вышеперечисленных полевых методово исследований разработаны ГОСТы и иные нормативные документы.

В области региональной инженерной геологии к собственным специальным полевым методам региональных исследований относятся инженерно-геологическая съемка — это специализированная геологическая съемка, проводимая для установления геологических условий возведения и эксплуатации инженерных сооружений. Ее важнейшим компонентом являются полевые площадные работы и маршрутные исследования. Содержание работ при инженерно-геологической съемке определяется задачами исследований, стадией изучения территории, характером ее планируемого использования и видом предполагаемого строительства, стадией проектирования сооружений, от которой зависят масштаб и конкретная задача съемки и сложностью инженерно-геологических (Базовые понятия..., 2012).

4.4.3. Инженерно-геологическое моделирование

В основе инженерно-геологического моделирования лежит одна из основных категорий теории познания – моделирование, под которым понимается исследование каких-либо явлений, процессов или систем путем построения и изучения их моделей (Бондарев, 2013). При этом под моделью понимается вещественный (физический) или мысленный аналог определенного оригинала, подобный ему в существенных для конкретного исследования чертах.

Инженерно-геологическое моделирование – комплекс методов исследования инженерно-геологических объектов путем построения и изучения их моделей, а также использование моделей для определения и уточнения инженерно-геологических характеристик и рационализации способов существующих геологических систем или построения конструируемых ЛТС или ПТС.

Инженерно-геологическое моделирование широко применяется в разных разделах инженерной геологии, особенно – в инженерной геодинамике.

Схема моделирования, по сути, представляет собой разновидность схемы эксперимента (рис.4.4.1) или метода аналогий: субъект (исследователь) изучает с помощью средств наблюдения и управления созданную им модель, которая отражает основные черты исследуемого оригинала (объекта).

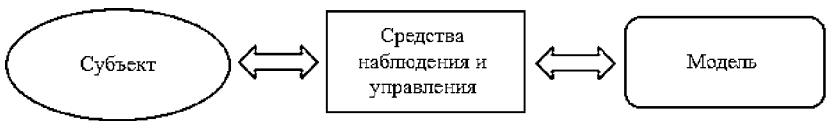


Рис.4.4.1. Схема моделирования или модельного эксперимента

При этом ключевым моментом является создание оригинала исследуемого объекта – создание самой модели. Неверно думать, что «хорошая» модель должна в наибольшей степени (т.е. по наибольшему числу параметров) соответствовать оригиналу. Да это и не нужно для моделирования. Модель должна отражать лишь основные черты оригинала, важные для изучаемых задач. Поэтому при изучении одного и того же объекта может создаваться множество его моделей, каждая из которых будет моделировать лишь некоторые его особенности, которые подлежат изучению.

Исходя из этого, необходимо учитывать отличительные черты модели от действительности (ориги-

нала): конечность, упрощенность и приближенность модели (Перегудов, Тарасенко, 1989). Несмотря на то, что реальные инженерно-геологические объекты бесконечны в своих связях и проявлениях, они познаются конечными средствами, имеющимися в распоряжении исследователя. Конечность моделей делает неизбежными их упрощённость и приближенность. Степень упрощения зависит от целей инженерно-геологического моделирования. Более того, замечено, что из двух моделей, с одинаковой точностью описывающих одно и то же явление, более простая будет и более успешной.

Приближенность инженерно-геологических моделей в отображении реальных объектов (процессов, явлений и т.п.) также является их неотъемлемым свойством. Так, например, абсолютно точной моделью оползня будет сам оползень. Но для моделирования его устойчивости на склоне совсем не обязательно моделировать химико-минеральный состав слагающих его пород. Достаточно, чтобы модель отражала (учитывала) лишь ведущие факторы, определяющие его устойчивость. Таким образом, приемлемое различие или приближенность модели определяется целью моделирования, а сама модель должна быть адекватна цели исследования, т.е. должны выполняться требования полноты, точности и истинности модели. Эти требования должны выполняться не вообще, а лишь в той мере, которая достаточна для достижения цели. Степень же истинности моделей выявляется лишь в практическом соотнесении модели с реальным объектом моделирования.

4.5. Фундаментальные и прикладные инженерно-геологические исследования

В любой науке в ходе ее развития формируются фундаментальные и прикладные аспекты исследований. Первые составляют ее теоретический базис, вторые – определяют эффективность практического использования научных достижений.

Чаще всего развитие фундаментальных исследований инициируется практическими потребностями общества: в ходе развития общества (цивилизации) возникают те или иные практические потребности, которые в определенный период, так или иначе, решаются с привлечением фундаментальной науки – затем на ее основе вырабатываются практические приёмы, навыки и способы для наиболее рационального достижения указанных потребностей. Таким образом, осуществляется внедрение фундаментальных исследований в практику.

В этом плане не является исключением и развитие инженерной геологии, возникшей, прежде всего, в ответ на практические запросы строительства. Однако длительное время существовало ошибочное мнение о том, что инженерная геология это целиком прикладная наука, призванная обслуживать запросы строителей. В ряде изданий даже приводились неверные определения инженерной геологии как «прикладной науки, обеспечивающей геологическое обоснование строительства». Отчасти такая ситуация объяснялась тем, что на начальном этапе своего становления и развития инженерная геология не имела прочной теоретической базы, которая сформировалась лишь к 1970-1980-м годам (см. гл.1).

Но с такой точкой зрения были не согласны многие инженер-геологи, в том числе И.В.Попов, В.А. Приклонский, Е.М.Сергеев и др., считавшие, что инженерная геология развивается и в прикладном, и фундаментальном аспектах. Более того, эти аспекты не противопоставляются друг другу, а взаимно дополняют и насыщают друг друга.

Прикладной аспект исследований в инженерной геологии реализуется, прежде всего, в ходе инженерно-геологических изысканий. Инженерно-геологические изыскания — инженерно-геологические работы производственного (прикладного) характера, выполняемые при проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений; вид инженерно-геологических исследований (Базовые понятия..., 2012). Таким образом, инженерно-геологические изыскания – это производственный процесс, регламентируемый нормами и правилами. Пожалуй, инженерная геология является одной из немногих геологических наук, в которой прикладные исследования получили собственное название – «инженерно-геологические изыскания».

Согласно СП 47.13330.2012[1] «инженерные изыскания для строительства относятся к виду градостроительной деятельности, осуществляемой с целью изучения природных условий и факторов техногенного воздействия для подготовки данных по обоснованию материалов для архитектурно-строительного проектирования, строительства, эксплуатации, сноса (демонтажа) зданий или сооружений, а также для документов территориального планирования и документации по планировке территории».

Однако прикладной аспект инженерной геологии не сводится лишь к инженерно-геологическим изысканиям. Еще Ф.П.Саваренский сформулировал понятие о так называемой «специальной инженерной геологии», рассматривающей вопросы приложения фундаментальных инженерно-геологических знаний к различным типам сооружений, а точнее – к разным ПТС. Позже специальная инженерная геология разрабатывалась в работах И.В.Попова, В.Д.Ломтадзе, В.А.Приклонского, Н.И.Куличихина, Л.Д.Белого, Г.С.Золотарева, Г.А.Голодковской, Г.К. Бондарика и многих др. применительно к разным типам хозяйственных объектов, отличающихся друг от друга назначением, структурой, объемом, режимом функционирования и т.п.

Более того, специальные разделы инженерной геологии возникли раньше, чем сформировалась сама инженерная геология как наука (Бондарик, 2015). Они отвечали требованиям решения различных практических задач в XIX-XX вв. (см. гл.1).

[1] СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – М., 2013.

Принципиальным отличием инженерно-геологических изысканий от фундаментальных инженерно-геологических исследований является то, что они проводятся в строгом соответствии с нормативно-методическими документами: национальными стандартами, СНиПами, СП и т.п. Если в ходе научных исследований инженер-геолог может сам обосновывать методику своих исследований исходя из личных представлений, идей и предположений, то изыскатель, выполняя тот или иной инженерно-геологический проект, обязан строго придерживаться действующих в стране нормативных и методических документов. Это позволяет в ходе инженерно-геологических изысканий получать однородную информацию, которую может использовать любой проектировщик (Базовые понятия..., 2012).

В России такими основными документами являются ГОСТы, СП и СНиПы, которые в последнее десятилетие претерпели существенные изменения в связи с их обновлением и актуализацией.

В настоящее время в соответствии с СП 47.13330.2012 инженерные изыскания выполняют поэтапно лишь при необходимости: «В случаях, если этапы выполнения инженерных изысканий не определены в задании на выполнение инженерных изысканий, этапы выполнения инженерных изысканий обосновывает исполнитель в программе выполнения инженерных изысканий». При этом выделяют: инженерные изыскания для подготовки документов территориального планирования и документации по планировке территории; инженерные изыскания для подготовки проектной документации; инженерные изыскания в период строительства, эксплуатации, сноса (демонтажа) объектов.

Для процесса инженерно-геологических изысканий характерны следующие черты (Бондарик, 2007): 1) сокращение площади и глубинности инженерно-геологических изысканий при переходе от ранних к более поздним этапам работ; 2) повышение детальности, достоверности и специализации инженерно-геологических изысканий, обусловленное конкретизацией целей проектирования и инженерных задач; 3) возрастание роли количественных оценок и повышение строгости критериев разделения геологической среды на части (геологические тела) по различным свойствам, приводящее к увеличению вклада специальных методов инженерной геологии в общий объем инженерно-геологических изысканий.

Обработка и форма представления результатов и отчетных материалов инженерно-геологических изысканий также строго регламентируются нормативно-методическими документами. При этом нормативно-методические документы, регламентирующие инженерно-геологические изыскания не являются раз и навсегда установленными: они постоянно совершенствуются по мере проведения новых фундаментальных инженерно-геологических исследований в той или иной области, а также в связи с новыми усложняющимися запросами практики и развития хозяйства.

Однако, чтобы сформировалась современная методика инженерно-геологических изысканий необходимы были длительные фундаментальные исследования во всех трех научных направлениях современной инженерной геологии: в грунтоведении, инженерной геодинамике и региональной инженерной геологии.

Глава 5.
ГИПОТЕЗЫ, ИДЕИ И ОТКРЫТИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

5.1. О роли гипотез, идей и открытий в современной инженерной геологии

Гипотеза (гипотетический метод познания) (от греч. *hipothesis* – основание, предположение) – недоказанное утверждение, предположение или догадка, раскрывающая суть (природу, механизм) решения какой-либо проблемы. Согласно определению Международной ассоциации авторов научных открытий, научная гипотеза – научно-обоснованное предположение о неизвестном ранее явлении, свойстве, законе или о неизвестной связи между понятиями и/или концепциями (Научн. открытия, 2000). Также гипотезу определяют как научно предположение, выдвигаемое для объяснения каких-либо явлений (Добреньков, Осипова, 2009).

Хронологически гипотеза следует за проблемой. Гипотеза не может существовать (быть высказанной) без проблемы, но проблема может существовать без гипотезы. Следовательно, любая гипотеза «привязана» к определенной научной проблеме. Она её неразрывная пара, методологическое продолжение.

Вопрос о том, что раньше, гипотеза или наблюдение? – среди философов решался не однозначно и всесторонне обсуждался в работах К.Поппера. Согласно его взглядам, гипотеза всегда предшествует наблюдению, «даже хотя наблюдение, опровергающее определенную гипотезу, может стимулировать некоторую новую (и тем самым по времени более позднюю) гипотезу» (Поппер, 2002, с.324). Далее он писал, что «только из гипотез узнаем мы о том, какого рода наблюдения нам надо делать, на что направлять наше внимание, чем интересоваться. Таким образом, гипотеза становится нашим проводником и ведет нас к новым результатам наблюдений»[1].

Исходя из вышеизложенного, главной целью выдвижения и разработки гипотезы является её направленность на решение вполне определённой ранее выдвинутой научной проблемы, которая задает направление поиска корректной гипотезы и накладывает ограничения на её характер (Мороз и др., 1989; Поппер, 2002). Приращение нового знания в науке, согласно методологии науки, идет по пути: «проблема → гипотеза её решения → критика (опровержение или подтверждение гипотезы) → теория или новая гипотеза → проверка теории → выявление её несоответствий новым фактам → новая проблема» и т.д. Отсюда вытекает главенствующая роль гипотез в решении выдвинутых проблем.

Как известно, всё начинается с трудностей и попытки их преодоления. Как правило, гипотеза высказывается в ответ на возникшую трудность – проблему на основе ряда подтверждающих её наблюдений (примеров, фактов), и поэтому выглядит правдоподобно, хотя и носит вероятностный характер. Гипотезу впоследствии или ***доказывают***, превращая её в установленный факт (теорему, теорию, закон, закономерность), или же ***опровергают*** (например, указывая контрпример), переводя её в разряд ложных утверждений. Недоказанная и неопровергнутая гипотеза также называется открытой проблемой.

Согласно К.Попперу (2002) именно с выдвижения гипотезы начинается научное исследование. Он писал (2002, с. 249-250): «...Мы никогда не начинаем с наблюдений, а всегда с проблем – либо практических проблем, либо проблем теории, столкнувшейся с трудностями. Как только перед нами возникает проблема, мы можем приступать к работе над нею. Это можно пытаться сделать двояко: можно вначале попробовать угадать или предположить решение нашей проблемы (т.е. высказать гипотезу, прим. авт.), а затем подвергнуть критике эту обычно довольно слабую догадку. Иногда наши догадки или предположения в течение какого-то времени выдерживают нашу критику и экспериментальную проверку. Вместе с тем, как правило, скоро выясняется, что наши предположения можно опровергнуть, или что они не решают нашу проблему, или решают её лишь частично – в результате мы обнаруживаем, что даже самые лучшие решения, которые выдерживают самую суровую критику самых блестящих и изобретательных умов, вскоре создают новые трудности, ведут к новым проблемам. Поэтому мы можем сказать, что рост знаний идет от старых проблем к новым проблемам, посредством предположений и опровержений».

Таким образом, гипотеза – это своеобразный познавательный инструмент, позволяющий упорядочить изучение проблемы, инициировать дальнейший научный поиск, привлечь интерес ученых к данной проблеме. В каких случаях выдвигается гипотеза?

- Когда на основе новых фактов мы не в состоянии объяснить причины явлений
- Когда нет фактических (опытных) данных
- Когда новые факты противоречат имеющейся (принятой ранее) теории
- Когда делается ретроспективный анализ или составляется прогноз.

В методологии науки сформулированы основные правила построения гипотезы, которые сводятся к следующим положениям:

1. Гипотеза должна находиться в соответствии с имеющимися твердо доказанными фактами
2. Она не должна включать в себя много исходных положений (лучше одно основное)

[1] Такую точку зрения К.Поппер (2002, с. 320) назвал «прожекторной теорией» (в противовес «бадейной теории», согласно которой наш разум напоминает своеобразный контейнер (бадью), в котором постепенно собирается восприятие и накапливается знание).

3. В неё нельзя включать неоднозначные понятия и категории.
4. Среди нескольких возможных гипотез предпочтение надо отдавать той, которая согласуется с большим числом фактов
5. Для объяснения фактов надо использовать как можно меньше гипотез, но как можно теснее связанных между собой
6. Необходимо подчеркивать вероятностный характер гипотезы
7. Две противоречащие гипотезы нельзя объединить (закон противоречия), они не могут быть одновременно истинными.
8. Необходимо её четкое стилистическое и логическое оформление, простота.

«Жизнь» гипотезы динамична, а порой и «трагична», если она не подтверждается научными фактами или опровергается, предаваясь потом забвению. Высказанная гипотеза не стоит на месте. В этой связи можно сформулировать ряд стадий, отражающих специфику образования и существования гипотезы:

1. Установление противоречий между новым фактом и имеющейся теорией.
2. Всестороннее изучение этого противоречия, явления, выяснение причин и обстоятельств.
3. Выдвижение гипотезы о возможной причине этого явления (процесса и т.п.).
4. Определение следствий, логически вытекающих из предполагаемой причины.
5. Проверка соответствия следствий фактам действительности, т.е. подтверждение истины, доказательство гипотезы и перевод её в ранг теории или закона.

В инженерной геологии, как и в других науках, гипотеза играет огромную роль. Как правило, инженер-геолог, приступая к изучению какой-либо проблемы, начинает с рабочей гипотезы, которая затем перерастает в методику решения поставленной задачи и завершается ее решением. Рабочие гипотезы обычно касаются частных инженерно-геологических проблем.

Но наиболее важное значение для развития инженерной геологии имеют гипотезы, представляющие собой открытые проблемы, которые ждут своего решения, подтверждения путем доказательства или опровержения. Особо важное научное значение имеют открытые проблемы, затрагивающие центральные вопросы инженерной геологии.

Под **научной идеей** понимается некоторый обобщенный теоретический принцип, объясняющий сущность неизвестного ранее явления, процесса, свойства, закона или неизвестную связь между понятиями и/или научными концепциями, по иному трактующий ранее установленные взаимосвязи или научные положения. Научной идеей также может быть краткое высказывание ученого о какой-либо стороне или части научной проблемы, задаче, законе, теории и т.п., которое по-иному трактует сложившиеся к данному времени представления на этот счет, но пока не оформлено в виде той или иной научной концепции – проблемы, гипотезы, теории, закономерности и т.п.

Таким образом, идея – это обобщающее положение в системе взглядов, теорий и т.п. От других форм мышления и научного знания (понятие, теория и т.др.) идея отличается тем, что в ней не только отображен объект изучения, но и содержится сознание цели, перспективы познания и практического преобразования действительности (Добреньков, Осипова, 2007).

Часто идея, высказанная ученым «мимоходом», со временем углубляется, разрабатывается и перерастает в гипотезу или иное научное обоснование. Таким образом, методологическая роль научных идей достаточно велика, как и проблемы, они могут являться своеобразным «двигателем», побуждающим ученых к разработке той или иной концепции, принципа и т.п.

Приоритетом научной идеи считается её опубликование автором в средствах массовой информации или устное публичное её изложение в докладе на конференциях, совещаниях и т.п.

Научным открытием в области естественных наук является установление явлений, процессов, свойств, закономерностей, законов или объектов материального мира, ранее не установленных (ранее не известных), доступных проверке и вносящих коренные изменения в уровень познания. Однако, что считать коренным изменением в уровне познания данной области науки? Очевидно, что это строго не может быть определено. Поэтому рядом специалистов в области методологии науки этот признак определения открытия вообще не учитывается.

Важным элементом открытия является его научное доказательство. Научное открытие «вступает в силу» только после того, когда оно доказано, после этого оно считается достоверным. Доказательство достоверности открытия это теоретическое и/или экспериментальное доказательство существования открытия (явления, закономерности и т.п.), продемонстрированное общественности или опубликованное в печати. В ходе доказательства (как логической операции) достоверность открытия должна быть продемонстрирована с применением приемов логики доказательств. При этом явно не достаточно ничем не подкреплённое утверждение, что данное открытие (закономерность, факты, явление и т.п.) является достоверным.

Ясно, что по своему вкладу в науку, по своему научному значению или, как говорят, по «научному весу» открытия могут существенно отличаться друг от друга. При этом суждение о научной или практической значимости конкретного открытия часто бывает не объективным: в истории науки много тому примеров, когда многие важные научные открытия не замечались современниками, а приобретали огромное научное и практическое значение лишь спустя десятилетия, а то и более. Таким образом в целом, научное и практическое значение конкретно-

го открытия может быть объективно оценено лишь спустя некоторое (неопределенное) время.

По своему содержанию область научного значения открытия может быть также различной, и она определяется видом вклада данного открытия в науку. В соответствие с этим открытие может:

1. Изменять сложившиеся научные представления в данной области, в том числе коренным образом, что особенно ценно.
2. Объяснять научные факты, явления и данные, ранее не находившие объяснения.
3. Являться основой для развития новых направлений в науке и т.п.

В истории и методологии науки придавалось большое значение формулировкам тех или иных открытий. Научные споры о разных формулировках одного и того же открытия (которые порой давали принципиально разную трактовку тех или иных явлений) были нередки в истории науки.

Поэтому со временем пришли к необходимости давать формулировки научных открытий (новых явлений, процессов, свойств, закономерностей, законов и т.п.), которые формально отвечали бы некоторым требованиям изложения сути этих открытий. Таким образом, появились так называемые «формулы открытий». Формула открытия – это словесная характеристика (формулировка) сущности научного открытия, сжато, четко и исчерпывающе выражающая новое научное понятие.

Регистрация идей, гипотез, открытий. Для закрепления за ученым приоритета того или иного открытия, идеи, гипотезы, закона и т.п. со второй половины XIX в. в разных странах предпринимались попытки регистрации научных открытий. В 1879-1922 гг. были предприняты международные действия обоснования системы регистрации открытий с целью охраны авторских прав ученых. В 1922-1939 гг. этот вопрос неоднократно обсуждался в Лиге Наций, но не привел к каким-либо закрепленным договоренностям между государствами. В 1947 г. была введена правовая охрана научных открытий и в СССР (под эгидой АН СССР). Эта система существовала до 1992 г. и прекратила своё существование с распадом СССР.

В 1953-1954 гг. вопросы охраны авторских прав на открытия обсуждались в ЮНЕСКО. Были выработаны рекомендации: создать в странах системы национальной регистрации научных открытий, как первый шаг в этом направлении. В 1967 г. была создана Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС) как одно из учреждений при ООН. Также одновременно была принята Конвенция ВОИС, которую подписали 47 государств. Наконец в 1978 г. был принят Женевский договор о международной регистрации научных открытий.

После распада СССР с 2000 г. в России регистрацией занималась общественная организация – Международная ассоциация авторов научных открытий, действующая под эгидой Российской академии естественных наук (РАЕН), которая функционировала в рамках Женевского договора. Однако её работа вошла в некоторое противоречие с законодательством РФ.

Правовое регулирование охраны авторских прав и регистрации научных открытий, идей, гипотез, законов и т.п. в современной России определяется Гражданским кодексом РФ[1]. В соответствии с статьей ГК 1255. «Авторские права», интеллектуальные права на произведения науки, литературы и искусства являются авторскими правами. Автору произведения принадлежат следующие права: 1) исключительное право на произведение; 2) право авторства; 3) право автора на имя; 4) право на неприкосновенность произведения; 5) право на обнародование произведения.

Объекты авторских прав закреплены в статье ГК 1259, из которой следует, что: «Объектами авторских прав являются произведения науки, литературы и искусства независимо от достоинств и назначения произведения, а также от способа его выражения..., произведения архитектуры, градостроительства и садово-паркового искусства, в том числе в виде проектов, чертежей, изображений и макетов; фотографические произведения и произведения, полученные способами, аналогичными фотографии; географические, геологические и другие карты, планы, эскизы и пластические произведения, относящиеся к географии, топографии и к другим наукам», а также программы для ЭВМ.

Кроме того, к объектам авторских прав относятся: 1) производные произведения, то есть произведения, представляющие собой переработку другого произведения; 2) составные произведения, то есть произведения, представляющие собой по подбору или расположению материалов результат творческого труда. Авторские права распространяются как на обнародованные, так и на необнародованные произведения, выраженные в какой-либо объективной форме, в том числе в письменной, устной форме (в виде публичного произнесения, публичного исполнения и иной подобной форме), в форме изображения, в форме звуко- или видеозаписи, в объемно-пространственной форме. Для возникновения, осуществления и защиты авторских прав не требуется регистрация произведения или соблюдение каких-либо иных формальностей.

Таким образом, **идеи**, концепции, принципы, методы, **процессы**, системы, способы, предлагаемые решения технических, организационных или иных задач, научные **открытия** и т.д. не могут присваиваться их автором (авторами), а являются общим научным достоянием и поэтому для них не требуется какой-либо регистрации.

[1] Гражданский кодекс Российской федерации. – Принят Государственной Думой РФ 21 октября 1994 года (ФЗ № 51); одобрен Советом Федерации (с изменениями и дополнениями 1996-2014 гг.)

5.2. Формулировка и формулы открытий, защищаемых положений

В современной науке часто формула открытия применяется для формулировки защищаемого положения той или иной магистерской, кандидатской или докторской диссертации. Формула открытия, как правило, состоит только из одного грамматического предложения, включающего в себя основные характеристики открытия.

Но в общем виде формулировка открытия дается в виде некого тезиса, требующего научного доказательства. Открытием, как и защищаемым положением диссертации, не может быть простое перечисление сделанного автором (пусть даже в большом объеме!) в исследуемой области. К сожалению, большинство диссертаций у нас страдает именно этим недостатком – защищаемые положения формулируются не в виде тезиса, требующего доказательства, а в виде перечисления сделанного.

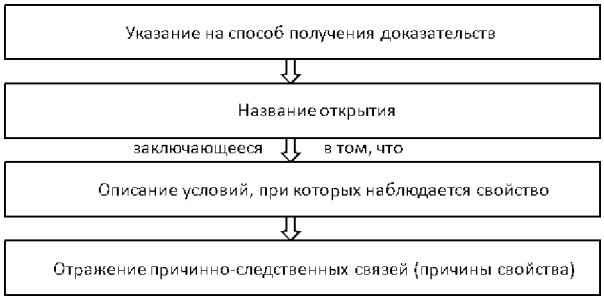


Рис.5.1. Схема «формулы открытия» нового явления

Приведем примеры некоторых «формул» открытий, которые можно брать за основу для формулирования защищаемых тезисов (Научные открытия.., 2000). На рис. 5.1, например, показана «формула открытия» нового явления, А схема «формулы» открытия нового свойства показана на рис.5.2. **Структура** «формулы открытия» новой закономерности близка к предыдущей и показана на рис.5.3.

Рис.5.2. Схема «формулы открытия» нового свойства

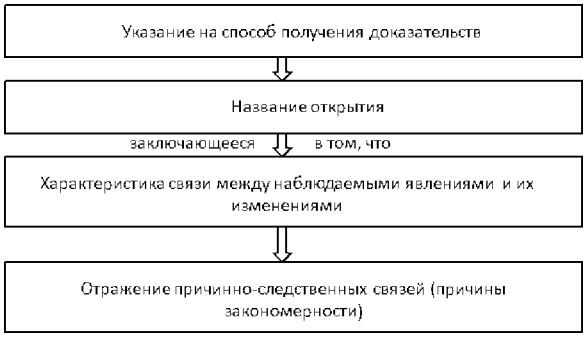


Рис.5.3. Схема «формулы открытия» новой закономерности

Как видно из представленных схем, между ними существует много общего, однако именно их применение может обеспечить строгость изложения сути научных открытий или защищаемых положений диссертаций.

5.3. Гипотезы и идеи в инженерной геологии

В связи с вышеуказанными не решенными проблемами инженерной геологии можно сформулировать и соответствующие им гипотезы.

В настоящее время в инженерной геологии высказан ряд гипотез, имеющих большое методологическое значение для инженерной геологии в целом. Большинство этих гипотез относится к категории открытых проблем и ждет своего доказательства.

Ниже приводятся наиболее важные из них, к которым должно быть привлечено внимание инженер-геологов либо для их доказательства и перевода в ранг теории, либо для их опровержения и формулировки новой, замещающей гипотезы.

1. **Гипотезы иерархичности геологических (инженерно-геологических)** тел утверждающие, что все геологические тела построены иерархично (см. гл. 4.3), но законы этой иерархичности пока не выявлены и не доказаны. Таких гипотез разными авторами было высказано несколько (Забродин В.Ю. и др. 1986): основная идея гипотез (наличие иерархичности) общая, а принципы и критерии выделения иерархических уровней – разные.

Строго говоря, эти гипотезы являются общегеологическими, а не собственно инженерно-геологическими. Но их значение для инженерной геологии чрезвычайно велико.

2. **Гипотеза подобия строения геологической среды**: структура геологической среды обладает иерархичностью, важнейшим свойством которой является подобие её строения в большом диапазоне масштабов структурных отдельностей: при этом отношение соседних характерных размеров отдельностей в этой иерархии примерно соответствует 3,5 (формулировка авторов).

Впервые научную гипотезу (не называя, впрочем, свои представления гипотезой) об иерархично-блочном строении и иерархическом подобии строения геофизической среды в большом диапазоне масштабов высказал М.А.Садовский с соавторами[1] в 1987 г. В его формулировке это положение (а по суги, гипотеза) выглядит так: «Важнейшим свойством иерархической структуры геофизической среды является подобие её строения в большом диапазоне масштабов. Отношение соседних характерных размеров в этой иерархии варьирует от 2 до 5» (Садовский и др., 1987).

При этом авторы понимали под геофизической средой верхние горизонты литосферы, в которых происходят основные сейсмические геофизические процессы – землетрясения. Убедительных и строгих научных доказательств этого положения, переводящих его в ранг научной теории, пока не получено, несмотря на то, что собрано и опубликовано достаточно много различных фактов, подтверждающих наличие указанной иерархии геологической среды и подобия её характерных размеров в диапазоне от 2 до 5. Большое число указанных фактов для различных геологических объектов впервые было отмечено в монографии М.АСадовского с сотр.[1] Авторы не делали однозначных выводов на этот счет и считали, что «предстоит ещё большая работа по уточнению распределений отдельностей среды различного масштаба по их размерам, выяснению физик процессов, приводящих к этим распределениям и т.п.». Таким образом, пока эта гипотеза все же остается не доказанной, ждущей своего дальнейшего научного исследования.

Несмотря на то, что данная гипотеза была изначально сформулирована применительно к решению научных геофизических вопросов, в частности – изучению закономерностей сейсмичности, тем не менее, он вполне может рассматриваться и среди актуальных инженерно-геологических гипотез, поскольку она затрагивает многочисленные вопросы, традиционно изучаемые инженерной геологией и пока не нашедшие своего обоснованного решения. К ним относятся вопросы оценки риска территорий от землетрясений, проблемы сейсмического микрорайонирования и т.п. Но наряду с этим данная гипотеза затрагивает и более общие проблемы, в частности – проблему масштабного эффекта (см.), которая традиционно изучается в области инженерной геологии, а также в области механики сплошной среды при исследовании прочности и деформируемости различных тел.

Следствие из этой гипотезы. Если принять (доказать) данную гипотезу, то в руки исследователей попадает мощнейший инструмент количественного анализа строения геологических тел разного иерархического уровня: от микрочастиц, составляющих отдельные минералы горных пород, до массивов, сложенных комплексами горных пород разного масштаба. Это следствие можно дать в такой формулировке: «Между характерными размерами соседних геологических тел разного иерархического уровня существует статистически обусловленное соотношение, близкое к 3,5» (формулировка авторов).

На базе этого следствия при изучении строения какого-либо геологического массива, выявив блоки данного размера (например, ограниченные блочной трещиноватостью), мы можем прогнозировать в нём как блоки большего, так и блоки меньшего размера, отношение между характерными размерами которых будет соответствовать 3,5. Далее внутри выделенного блока могут выделяться отдельности ещё меньшего размера и т.д.

[1] Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. 1987, 100 с.

5.3.1. Гипотезы и идеи грунтоведения

В грунтоведении также имеется несколько гипотез, ждущих своего доказательства или опровержения. Рассмотрим некоторые из них.

1. **Гипотеза о строении грунтов при переходе от микро- до макроуровня**: строение грунтов и их массивов при переходе от микро- до макоуровня иерархично (авторство не установлено).

Данная гипотеза созвучна с двумя предыдущими, но является сугубо инженерно-геологической: о разработке вопросов связанных с исследованием грунтов от микро- до макроуровня писали многие инженер-геологи – Е.М.Сергеев, В.И.Осипов, В.Н. Соколов и др.

Следствие из этой гипотезы. Вполне вероятно, что для грунтов разных генетических типов будут выявлены свои законы иерархичности или свои статистически обусловленные соотношения между характерными размерами соседних структурных элементов разного иерархического уровня (частицами, ультрамикроагрегатами, микроагрегатами, мезоагрегатами, макроагрегатами, структурными блоками и т.д.), близкие к 3,5, но характерные только для данного типа грунтов (формулировка В.А.Королева).

2. **Гипотеза о зависимости категорий воды в грунтах от их структуры**: наличие в грунте той или иной категории воды полностью определяется особенностями его структуры (формулировка В.А.Королева, 2015).

Как известно в грунтах выделяются различные категории связанной воды, воды переходного состояния и свободная вода (Грунтоведение, 2005). Однако в каждом конкретном грунте могут содержаться лишь строго определенные категории воды, а не их произвольное количество и соотношение. При этом основополагающим фактором, лимитирующем наличие и содержание воды той или иной категории, является именно структура грунта. Именно она определяет возможность (и необходимость) наличия в данном грунте определенных категорий воды.

Пока эта гипотеза строго не доказана, но к настоящему времени накапливается все больше и больше фактов в ее подтверждение[1].

3. **Гипотеза о свойствах массива грунтов.** Высказана Д.Дж.Прайсом (1984, с.106)[2] в виде «уравнения» (выведенного им совместно с Дж.Л.Ниллом), характеризующего зависимость свойств массива от свойств слагающих его грунтов и их структуры:

$$Г + С = М,$$

где Г – «свойства материала», или свойства грунта (физические, физико-механические и т.п.); С – структура или строение грунта; М – «свойства массы», под которой им понимается «объем грунта, оказывающий влияние на строительные работы» – массив в зоне влияния сооружения.

Приведенное выше «уравнение» построено с нарушениями правил их составления, т.к. складываемые параметры имеют разные размерности, которые не определены. Скорее это уравнение можно записать как функцию: $М = f(Г,С)$, в этом случае оно будет отражать известный основной закон грунтоведения.

4. **Гипотезы генезиса просадочности лёссовых пород**. Среди гипотез формирования различных свойств грунтов в инженерной геологии и, в частности, в грунтоведении большое внимание уделялось и уделяется рассмотрению гипотез генезиса просадочности лёссовых пород[3]. Первые гипотезы о формировании просадочности лёссовых пород были высказаны в 1946-1953 гг. Н.Я.Денисовым. Это были именно гипотезы, т.к. экспериментального их доказательства в то время еще не было. Систематика выдвинутых гипотез и их обстоятельный анализ были проведены В.Т.Трофимовым (1980, 1986, 1999б, 2001).

Количество гипотез о "генезисе просадочности лёссовых пород", несмотря на огромное практическое значение этого специфического свойства, в отличие от гипотез и теорий "генезиса лёссовых пород" невелико. Первая их систематика была осуществлена В.Т. Трофимовым в 1980 г. В ней, по существу, было выделено две группы и три вида гипотез. В качестве групп обособлялись гипотезы, постулирующие формирование просадочности лёссовых пород как сингенетического (первая группа) или эпигенетического (вторая группа) их свойства. К первой из них была отнесена гипотеза Н.Я. Денисова о формировании недоуплотненности эоловых, делювиальных и пролювиальных отложений, ко второй — гипотеза Н.Я. Денисова о формировании просадочности у аллювиальных отложений, гипотеза А.В. Минервина и Е.М. Сергеева о гипергенной природе просадочности пород разных генетических типов.

В.Т. Трофимов (1989), учитывая новые выдвинутые гипотезы, расширил описанное классификационное построение. В первую группу им дополнительно отнесена гипотеза А.В.Минервина (1983) о формировании просадочности у сингенетически промерзших пылеватых осадков при их иссушении путем сублимации льда или ускоренного испарения влаги при геологически быстрой деградации многолетней мерзлоты, во вторую — его же гипотеза о формировании просадочности в связи с разуплотнением пород в ходе эпигенетического промерзания и их дегидратации при сублимации льда или испарения влаги при быстрой деградации многолетней мерзлоты.

Систематика гипотез формирования просадочности лёссовых пород, составленная на основе возможных механизмов формирования просадочности, представлена в табл. 5.1.

[1] Королев В.А., Блудушкина Л.Б. Взаимосвязь потенциала влаги в грунтах с параметрами испарения из них воды. – Инж. геология, 2015, № 3, с 22-32

[2] Прайс Д.Дж. Современные методы исследования свойств горных пород. // 27-й Межд. геологический конгресс. Инж. геология. Секция С.17. Доклады. Том 17. – М., Наука, 1984, с.106-114.

[3] Не путать с гипотезами генезиса самих лёссовых пород.

Таблица 5.1

Систематика гипотез формирования просадочности лёссовых пород (по В.Т.Трофимову, 2001, 2003)

Гипотезы по механизму формирования просадочности			Автор	Год	Тип отложений, для которых высказана гипотеза
Класс	Группа	Вид			
Гипотезы недоуплот-нения	Недоуплотнительная	Гидратационно-дегидратационно-недоуплотнительная	Н.Я.Денисов	1946	Эоловые
		Дегидратационно-недоуплотнительная	Н.Я.Денисов	1946	Пролювиальные, делювиальные
		Дегидратационно (последе-гитратационнно) доуплотнительная	Н.Я.Денисов	1946	Аллювиальные
Гипотезы разуплотнения	Гипергенно-разуплотнительная	Гипергенно-дегидратационно-разуплотнительная	А.В.Минервин	1959	Разные
		Криоэллювиально-дегидратационно-разуплотнительная	А.В.Минервин, Е.М.Сергеев	1964	Разные
	Криогенно-разуплотнительно-сублимационная	Криосингенетически-сублимационная	А.В.Минервин	1982	Сингенетически промерзшие
		Криоэпигенетически-сублимационная	А.В.Минервин	1982	Эпигенетически промерзшие
	Газогидратная		А.А.Коновалов	1997	Разные

Ниже приводится краткая характеристика содержания высказанных гипотез по В.Т.Трофимову (2001).

Гипотеза Н.Я. Денисова о формировании сингенетической просадочности эоловых лёссовых пород. Н.Я. Денисов (1951), рассматривая формирование эоловых лёссовых пород, отмечал, что скопления эоловой пыли могли превратиться в связную породу только после увлажнения и высыхания. В условиях сухого климата увлажнение накапливающихся осадков происходит периодически под воздействием атмосферной влаги, которая промачивает толщу на глубину, обычно не превышающую 1-1,5 м. В соответствии с этим в накапливающейся толще с известной долей условности обособляются два горизонта – верхний, охватывающий часть толщи от верхней поверхности осадка до глубины проникновения атмосферной влаги, и нижний, залегающий глубже. В пределах верхнего горизонта осадок находится в условиях переменного увлажнения и высыхания: в период выпадения дождей и некоторое время после него он обладает высокой влажностью и низкой прочностью, в остальное время — малой влажностью (вследствие испарения воды) и достаточно высокой прочностью. Осадок, точнее уже совсем молодая порода нижнего горизонта, постоянно обладает малой влажностью и в целом относительно высокой прочностью.

В процессе накопления осадка поверхность толщи постепенно поднимается. Одновременно повышается и граница, разделяющая толщу на два вышеназванных горизонта. Осадок в пределах верхнего из них периодически (во время увлажнения) приобретает состояние, оптимальное для уплотнения. Но в это время он испытывает настолько малое давление, создаваемое в этом слое самим осадком, что его плотность существенно возрасти не может. Часть же толщи, залегающая ниже этой границы, испытывает значительно большее давление от вышележащих осадка и породы; но поскольку ее влажность мала, она не может эффективно уплотняться (сохраняет высокую пористость) из-за влияния сцепления упрочнения. Последнее возникает в ходе испарения воды в порах осадка и отложения на контактах и поверхности частиц углекислого и сернокислого кальция, других солей. В возникновении этого сцепления и структурных особенностей породы в целом определенная роль принадлежит агрегации частиц осадка при его высыхании. В итоге из пылеватого осадка в ходе субаэрального диагенеза на первом этапе формируется толща недоуплотненных лёссовых пород (Трофимов, 2003).

«Сцепление упрочнения может задерживать уплотнение не только осадков, образовавшихся эоловым путем. Породы, в той или иной мере недоуплотненные, могут возникнуть и при переносе материала делювиальным и пролювиальным путями, для этого достаточно: а) чтобы осадок, появившийся в период выпа-дения дождей и таяния снегов, мог полностью просыхать впоследствии, и б) чтобы толща ранее выпавших осадков, увлажненных в период отложения следующей порции осадка, также могла просыхать.

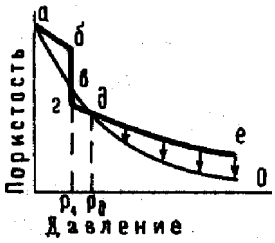


Рис. 5.4. Графическая модель уплотнения и формирования сингенетической просадочности эоловых лёссовых пород (по Н.Я.Денисову, 1951). Стрелками показана величина зоны потенциальной просадочности.

Эти требования сводятся к тому, чтобы в сухое время верхняя часть толщи могла высыхать и цементироваться пленками солей, выпадающих из растворов. Это возможно, если накопление осадков происходит в условиях сухого климата" (Денисов, 1951, с.37).

Графическая модель уплотнения пылеватых эоловых осадков описанным путем и формирования из них недоуплотненных про-садочных лёссовых пород, предложенная Н.Я.Денисовым (1951), показана на рис. 5.4. Кривая а-о (см. рис. 5.4) является кривой нормального уплотнения водонасыщенного осадка (кривая истинного соответствия пористости давлению, по Н.Я. Денисову). Уплотнение вначале водонасыщенного, затем подсыхающего осадка верхнего горизонта на первом этапе его формирования (например, первый год накопления толщи) под действием собственного веса (давления P_1,) отображается отрезком а-б. Если после этого накапливается новый слой и он полностью промачивается совместно с ранее сформировавшимися, то последний доуплотняется (отрезок в-г; величина этого уменьшения зависит от состава фунта, и для лессовых пород она обычно невелика). При последующем росте давления от вышележащих пород и вновь накапливающихся осадков и сохранении невысокой влажности кривая дальнейшего уплотнения г-д-е рассматриваемого элементарного слоя пород вскоре пересечет в точке д кривую нормального уплотнения а-о и пройдет выше нее. Вследствие этого в диапазоне давлений, больших $P_д$, порода будет недоуплотненной, а при поступлении воды при любом давлении в пределах этого интервала она будет проявлять просадочные свойства.

Гипотеза Н.Я. Денисова о формировании сингенетической просадочности делювиальных и пролювиальных пород. Образование толщ пылеватых делювиальных и пролювиальных отложений, так же как и эоловых, происходит путем последовательного наслоения одних элементарных слоев на другие. Отличие заключается в двух главных особенностях: 1) при делювиальном и пролювиальном процессах формируется изначально полностью водонасыщенный пылеватый осадок; 2) мощность его слоя, накопленного за один этап осадконакопления, как правило, больше, чем у эоловых образований, и может достигать в пролювиальных шлейфах больших величин, вплоть до первых метров (Трофимов, 1990).

В ходе накопления полностью увлажненных осадков рассматриваемого генезиса, их высыхания в условиях аридного климата, последующего увлажнения после перекрытия новым слоем водо-насыщенных образований, их совместного высыхания происходят процессы уплотнения, очень близкие к описанным ранее для эоловых отложений. В этом случае также формируется разрыв во времени периода действия на пылеватые высохшие и уже упрочнившиеся породы возросшего давления от веса вышележащих образований и периода существования оптимальных по степени увлажнения условий их уплотнения. В итоге в ходе седиментации и раннего этапа субаэрального диагенеза формируются недоуплотненные толщи лёссовых делювиальных и пролювиальных отложений, которым свойственна сингенетическая просадочность.

Это сходство позволило Н.Я.Денисову использовать модель, приведенную на рис.5.4, для описания формирования сингенетической просадочности делювиальных и пролювиальных отложений. И это в целом верно, если рассматривать ситуацию, когда в точке а кривых находится изначально полностью увлажненный осадок.

Анализируя гипотезы Н.Я.Денисова, В.Т.Трофимов (1980) показал, что геологически слабыми ее позициями являются: а) трудности применения к анализу генезиса просадочности сложно построенных толщ, в частности разрезов, в которых установлена ритмичность (по Ю.Н. Карагодину) изменения состава, строения и свойств, особенно сложенных отложениями разного генезиса (включая аллювиальные, озерно-аллювиальные и другие водные), и содержащих погребенные почвы холодного или гидроморфного типов; б) отсутствие доказательств путей сохранения просадочных свойств лёссовых пород в течение длительного (геологического) времени; в) трудности объяснения широко встречающегося резкого увеличения просадочности в лёссовой толще под горизонтом погребенных почв; г) сложность объяснения отмечаемого увеличения просадочности лёссовых пород при одинаковой их влажности в береговых или искусственных склонах по сравнению с плакор-ными участками; д) трудности объяснения нередко встречающегося четко выраженного скачкообразного закономерного (нестационарного) изменения величины просадочности лёссовых пород при бытовой нагрузке по разрезу — резкое уменьшение ее по глубине в однородных толщах и отложениях отдельных седиментационных циклитов в сложно построенных толщах; исходя из гипотезы Н.Я. Денисова, следовало бы ожидать сначала некоторого увеличения величины коэффициента относительной просадочности при такой нагрузке вниз по разрезу (обычно до 5-6 м, редко — до 10-12 м), а затем в разной степени выраженного закономерного уменьшения его, а затем вновь возрастания (последовательное пересечение с кривыми просадочности 0,1, 0,2, 0,3 МПа и более), или, по

крайней мере, скачкообразного незакономерного (стационарного) изменения этого показателя по разрезу в верхней части толщи (Трофимов, 2003).

Криосингенетическо-сублимационная гипотеза формирования просадочности лёссовых пород. А.В. Минервиным и Н.Н. Комиссаровой в 1983 г. была выдвинута гипотеза о формировании сингенетической просадочности лёссовых пород в процессе сингенетического промерзания пылеватых осадков и последующего их обезвоживания путем сублимации льда или ускоренного испарения влаги при геологически быстрой деградации многолетней мерзлоты. Ими выдвинут "принцип криогенного разуплотнения" и составлена графическая логическая модель этого способа формирования просадочности.

А.В. Минервин подчеркивает, что при оттаивании в процессе повышения температуры первой переходит в жидкое состояние засоленная часть льда, находящаяся в порах высокопористой мерзлой породы. "Образующийся при этом электролит испаряется в условиях отрицательных температур. Таким образом, при повышении температуры происходит постепенное вытаивание льда, сопровождающееся непрерывным испарением талой влаги, что приводит к иссушению грунта еще до достижения им положительной температуры. Подобные явления обеспечивают сохранение в процессе оттаивания высокой пористости грунта, образовавшейся за счет криогенного расширения воды при промерзании глобулярной системы" (Минервин, Комиссарова, 1983. С. 28—29).

Подчеркнем, что эта гипотеза выдвинута в общем виде, необходимо сформулировать физические, климатические и геологические условия "работы" такого механизма формирования сингенетической просадочности лёссовых пород, причем применительно не только к элементарному слою, но и толщам простого и сложного строения.

Гипотеза Н.Я. Денисова о генезисе эпигенетической просадочности аллювиальных лёссовых пород. Образование просадочности аллювиальных отложений идет принципиально другим путем. Если у эоловых, делювиальных и пролювиальных лёссовых пород она формируется в ходе накопления толщ на пути превращения осадка в породу, то у аллювиальных отложений возникает вследствие изменения термовлажностных условий уже после завершения их осадконакопления и превращения в высокопористую породу (преимущественно скрыто- и линзовидно-слоистых микрофаций аллювия) в условиях поймы. В силу этого первые (эоловые, делювиальные и пролювиальные) в подавляющем большинстве разрезов могут проявлять просадочные свойства под действием собственного веса толщи (он может существенно возрасти в ходе продолжавшегося осадконакопления), а вторые теоретически за счет описанного далее процесса этой особенностью не обладают и могут реализовать просадочность только под дополнительной нагрузкой (Трофимов, 1986, 1990).

Первым рассмотрел обсуждаемый вопрос Н.Я. Денисов (1951), обосновавший возможность появления просадочности у аллювиальных пылеватых пород после перехода их из разреза поймы в обстановку надпойменной террасы в условиях жаркого климата. Им логически показаны пути образования этого свойства у таких пород как в ходе естественного геологического развития территории (увеличение внешней нагрузки за счет формирования в аридных условиях перекрывающей аллювий делювиальной, пролювиальной или другой по генезису субаэральной толщи), так и в процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека (например, вследствие увеличения внешней нагрузки под действием возведенного сооружения).

История уплотнения аллювиальных пылеватых отложений пойменной фации представляется следующей. При накоплении пылеватых осадков в пределах поймы давление, испытываемое элементарным их слоем в связи с увеличением мощности последующих перекрывающих образований с 0 до h м, возрастает от 0 до P_1. Поскольку осадки водонасыщены (или сильно увлажнены), то их уплотнение эффективно и совпадает с кривой нормального уплотнения (отрезок а-б на рис. 5.5).

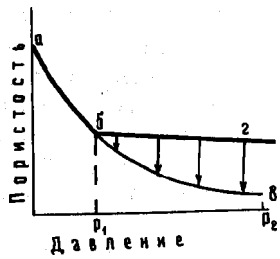


Рис. 5.5. Графическая модель уплотнения и формирования эпигенетической просадочности аллювиальных лёссовых пород (по Н.Я.Денисову, 1951).

В ходе геологического развития пойменные условия сменяются обстановкой надпойменной террасы, что обусловит некоторое подсыхание и упрочнение аллювиальных отложений. Если затем эти породы будут перекрыты образованиями делювиального (пролювиального) происхождения (или на ней возведут сооружение), то суммарная нагрузка на рассматриваемый слой возрастет до P_2.

Под ее влиянием маловлажные упрочненные породы этого слоя начнут уплотняться. Их уплотнение идет по кривой б-г, лежащей выше кривой нормального уплотнения, вследствие чего возникает эпигенетическая недоуплотненность аллювиальных пород (при этом чем больше величина дополнительной пригрузки и чем меньше влажность этих пород, тем большей будет степень такой недоуплотненности). В соответствии с этим увлажнение грунта на этом участке вызовет его доуплотнение и дополнительную осадку — просадку.

И в отношении этой гипотезы есть целый ряд геологических вопросов, требующих своего разрешения. По существу, первые четыре позиции, отмеченные выше в отношении гипотезы Н.Я. Денисова о генезисе сингенетической просадочности, правомерны и

для этого случая. Однако позиция пятая — наличие четко выраженного скачкообразного закономерного уменьшения коэффициента относительной просадочности в однородных и простых по строению толщах при определенной нагрузке, превышающей бытовую, — уже может быть легко объяснена. Ведь лёссовые породы верхней части разреза уплотнялись в маловлажном состоянии под влиянием природной нагрузки существенно в меньшей степени по сравнению с более глубоко залегающими, на которые длительное время действовало большее по величине давление от вышележащих пород. Поэтому при одинаково действующей нагрузке (например, 0,3 МПа), превышающей природную, величина деформации при увлажнении у образцов, отобранных с меньших глубин, будет существенно большей, чем у отобранных с больших глубин; коэффициенты относительной просадочности будут изменяться по этой же закономерности. Если же нагрузку в процессе опыта мы возьмем равной природной на какой-то глубине, то образцы, залегающие выше ее, окажутся просадочными, причем коэффициент относительной просадочности их будет тем больший, чем с меньшей глубины образцы отобраны. Ниже этой глубины лёссовые породы при такой нагрузке окажутся непросадочными (Трофимов, 2003).

Гипотеза гипергенно-дегидратационно-разуплотнительного механизма формирования просадочности лёссовых пород разного генезиса. Эта гипотеза первоначально выдвинута А.В. Минервиным в 1960 г. Затем более углубленное ее изложение осуществлено А.В. Минервиным и Е.М. Сергеевым в 1965 г., а позже ряд позиций внес В.Т.Трофимов (2003).

Суть этой гипотезы — формирование просадочности лёссовых пород связано с разуплотняющим и дегидратационным воздействием гипергенных процессов на изначально пылеватые и в целом высокопористые образования. В ее рамках ведущая роль отводится разуплотнению и дегидратации толщи вследствие изменения ее термовлажностного режима в условиях отсутствия фазовых переходов воды (вода—лед—вода) или их наличия только в современном слое сезонного промерзания.

Логико-графическая модель формирования просадочности лёссовых пород в соответствии с этой гипотезой на примере изначально пылеватых отложений водного генезиса показана на рис. 5.6.

На рис. 5.6 отрезок авг отвечает природному уплотнению породы озерно-аллювиального происхождения. Отрезок гд соответствует разуплотнению пород под влиянием гипергенных процессов. Его величина может быть различна, что обусловлено составом пород, местонахождением их массива, климатом и глубиной развития процесса гипергенеза.

Одним из наиболее веских доказательств в пользу этого пути является широкое покровное залегание просадочных лёссовых пород в разрезах разных геоморфологических элементов (междуречных равнин, надпойменных террас, пролювиальных шлейфов, склонов и др.), сложенных различными по генезису породами (включая аллювиальные, озерно-аллювиальные, водно-ледниковые и даже ледниковые). В подавляющей части этих разрезов отмечено закономерное (часто скачкообразное) уменьшение коэффициента относительной просадочности вниз по разрезу начиная непосредственно от современных подпочвенных горизонтов, причем не только при дополнительных нагрузках (что можно объяснить исходя из построений Н.Я. Денисова), но и главное под нагрузкой, равной природной; наличие лёссовых пород последнего типа, залегающих в верхней части разреза аллювиальных, озерно-аллювиальных и водно-ледниковых толщ, вообще не может быть объяснено ни одной из гипотез Н.Я. Денисова. Оно свидетельствует, что водные осадки уже после их превращения в горную породу нормальной уплотненности оказались разуплотненными по отношению к природной нагрузке. Современные условия залегания этих пород неизбежно приводят к выводу, что это разуплотнение гипергенное, а просадочность пород эпигенетическая.

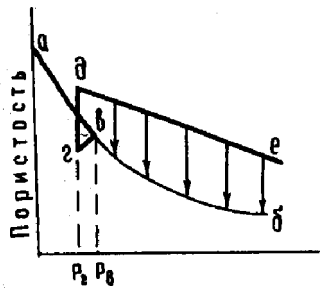


Рис. 5.6. Графическая модель уплотнения-разуплотнения и формирования просадочности при гипергенном изменении озерно-аллювиальных отложений пылеватого состава (по Трофимову и Бондаренко, 1983)

Важное значение имеет и следующий момент: гипергенным разуплотнением наиболее логично объясняется развитие наиболее просадочных лёссовых пород на присклоновых участках различных геоморфологических элементов, сложенных аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями. Именно здесь при прочих равных условиях наиболее активно протекает дегидратация толщ, их агрегация, термическое разуплотнение, а также формируется глубокое сезонное промерзание грунтов. Кроме того, именно с этих позиций легко объясняется увеличение просадочности под горизонтами погребенных почв. Генезис просадочности простых по строению лёссовых толщ, сложенных отложениями водного генезиса (аллювиальными, озерно-аллювиальными, водно-ледниковыми) и проявляющих просадочность при природной нагрузке, может быть объяснен только с учетом этой гипотезы (Трофимов, 2003).

Криоэлювиальная гипотеза формирования просадочности лёссовых пород. Эта гипотеза обособилась из недр предыдущей и связана прежде всего с именами А.В. Минервина и Е.М. Сергеева, А.М. Воронина, Н.Н. Комиссаровой, Н.Х. Тимирясовой, Д.В. Бородулиной и др. В рамках этой гипотезы формирование просадочности связывается с воздей-

ствием криогенных процессов на выветривающиеся породы разного генезиса, возраста и состава. Особенно большая роль отводится сторонниками этой гипотезы разуплотнению пород в верхней части разреза за счет сезонного промерзания пород, циклического изменения температур в слое годовых теплооборо-тов, а также сублимации льда из мерзлых толщ, что позволяет разуплотненным ранее льдистым породам сохранить высокую эпигенетическую пористость и приобретать просадочность в условиях низкой влажности при переходе температур пород в область положительных значений. Эта гипотеза переросла, модифицировалась в построениях А.В. Минервина (1982) в криоэпигенетическо-сублимационную гипотезу формирования просадочности лёссовых пород. Суть ее — формирование просадочности связано с разуплотнением пород любого генезиса и возраста, приобретаемым в ходе эпигенетического промерзания, которое сохраняется при их дегидратации путем сублимации или испарения влаги при деградации мерзлоты.

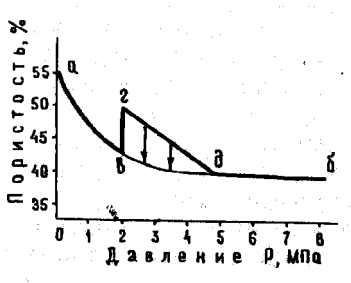


Рис.5.7. Графическая модель формирования эпигенетической просадочности лёссовых пород при их криогенном разуплотнении в ходе эпигенетического промерзания и последующего иссушения (по Минервину и Комиссаровой, 1983)

А.В. Минервин и Н.Н. Комиссарова (1983) предложили графическую модель формирования эпигенетической просадочности лёссовых пород при их криогенном разуплотнении (рис. 5.7). В увлажненном состоянии пористость соответствует давлению вышележащих пород (отрезок ав). На каком-то временном отрезке существования уже сформировавшейся породы они эпигенетически промерзают, что сопровождается их криогенным разуплотнением по отношению к действующей вертикальной нагрузке от веса пород. Если такое состояние сохранится в процессе иссушения пород (например, вследствие сублимации льда), то сформируется эпигенетическая просадочность, которая будет реализована при последующем увлажнении пород.

С двумя последними гипотезами связан целый ряд геологических вопросов и нерешенных проблем. К их числу относятся: 1) неразработанность вопроса о палеоклиматических и геологических условиях "работы" механизма иссушения разуплотненных при эпигенетическом промерзании пылеватых мерзлых толщ путем сублимации льда или ускоренного испарения влаги при геологически быстрой деградации многолетней мерзлоты; 2) недостаточно четко сформулированные позиции в вопросах консервации и сохранения просадочных свойств во времени; 3) трудности анализа сложно построенных толщ, просадочность которых по разрезу изменяется циклически; 4) отведение слишком большой роли процессу сезонного и многолетнего промерзания — протаивания в формировании просадочных свойств пород элементарного слоя; 5) недостаточный учет других факторов гипергенного преобразования пород (изменение влажности, агрегация пород при их подсыхании, перераспределение водорастворимых солей и карбонатов по разрезу и др.), приводящих или способствующих формированию просадочных свойств. Главным из этих вопросов является первый. Его решение одновременно позволяет решить, по существу, и второй, и третий вопросы (Трофимов, 2003).

Газогидратная гипотеза формирования просадочности лёссовых пород. Эта гипотеза выдвинута А.А. Коноваловым в 1997 г. в связи с тем, что «возможность сублимации льда из толщи грунта в больших объемах (мощность просадочных грунтов достигает десятков метров) при наличии снегового и даже ледяного (в эпохи оледенений) покрова вызывает сомнения... Просадочность лёссовых фунтов (по крайней мере, не эолового происхождения) под действием собственного веса известными механизмами обезвоживания объяснить трудно".

Суть газогидратной гипотезы формирования просадочности лёссовых пород состоит в следующем: одним из возможных механизмов образования макропористости и просадочности является образование газогидратов в приповерхностных отложениях в ледниковые периоды и их разрушение с выносом газов в атмосферу в межледниковые. В обоснование этого А.А. Коновалов (1997) приводит следующие позиции:

1) при образовании льдоподобных газогидратов вода увеличивается в объеме на 26-32%, развивая огромные давления (способные деформировать и даже разрывать металлические трубы);
2) газогидраты обладают цементирующими свойствами;
3) газогидраты разного состава формируются в криолитосфере на небольших глубинах даже в условиях отсутствия оледенения; в первую очередь в газогидраты переходит сероводород, затем пропан, углекислый газ, метан;
4) в ледниковые периоды термобарические условия газогидратообразования многократно улучшались, что сопровождалось поглощением углекислого газа из атмосферы. "В результате процессов криолитогенеза и сходных с ними процессов гидратолитогенеза здесь сформировались мерзлые и гидратоносные толщи с текстурами, подобными наблюдаемым в лёссовидных льдонасыщенных толщах в области современной вечной мерзлоты..." (Коновалов, 1997. С. 92);
5) при потеплении климата, в частности в конце плейстоцена, происходит оттаивание многолетнемерзлых пород и разрушение газогидратов с интенсивным истечением газов в атмосферу. При

этом переходе воды из гидратной фазы в жидкую ее объем уменьшается на 26-32%. Часть газа может оставаться в защемленном состоянии.

Все это приводит к тому, что в приповерхностной части разреза после разложения газогидратов в результате потепления и улетучивания газов в атмосферу формируются талые породы, около 30% порового пространства которых лишены жидкой фазы воды. В пределах этого объема грунта не могло происходить уплотнения вследствие стабильности структурных связей, включая водонестойкие. Дальнейшее иссушение толщи идет при отсутствии значительной усадки у пылеватых пород за счет испарения. В итоге формируется толща просадочных лёссовых пород.

В заключение подчеркнем, что выдвижение гипотезы — определенных теоретических представлений о пути формирования просадочных свойств лёссовых пород — чрезвычайно важная, необходимая, но всего лишь первая стадия решения сложной проблемы генезиса просадочности.

В дальнейшем, как подчеркивал еще Е.М. Сергеев (1976), необходимо доказать реальность предложенной гипотезы путем физического моделирования в лабораторных или природных условиях применительно к элементарному объему (слою) и толще в целом, а также геологически доказать применимость выдвинутой точки зрения к условиям данного региона (разреза) (Трофимов, 2003). В этом случае гипотеза формирования просадочности лёссов переходит в ранг теории, что и было рассмотрено В.Т.Трофимовым при создании теории формирования просадочности лёссовых пород (см. гл. 7.6.2).

5.3.2. Гипотезы и идеи инженерной геодинамики

В инженерной геодинамике, пожалуй, имеется наибольшее количество гипотез, ждущих своего доказательства или опровержения. Приведем лишь некоторые из них.

1. Гипотезы о влиянии космических объектов на геологические процессы на Земле. Эти гипотезы возникли из понимания того, что геологическое развитие Земли нельзя правильно выяснить, не учитывая ее космического окружения. Причем это окружение рассматривается в трёх аспектах: 1) влияние на Землю её ближайшего окружения – Луны, комет и астероидов; 2) влияние на Землю процессов, происходящих на Солнце; 3) влияние удаленных объектов (газопылевых скоплений, встречаемых Землей в составе Солнечной системы на пути по галактической орбите (Хаин, 1995).

Первый аспект включает гипотезы о так называемых «твердых приливах», вызываемых притяжением Луны. Значительная роль этих процессов была на ранних стадиях развития Земли, до 3,2 млрд. лет, когда Луна еще находилась на небольшом расстоянии от Земли. Тогда вызываемый Луной диссипативный разогрев поверхностных слоев твердой Земли, вносил значительный вклад в тепловой баланс планеты (Сорохтин, Ушаков, 1991)[1], но в настоящее время этот механизм не имеет существенного значения.

Из этих теорий в настоящее время наиболее распространенная гипотеза связана с воздействием Луны на процессы приливов и отливов, которые сопровождаются перераспределением напряжений в массивах горных пород, подвергающимся этим воздействиям. Хотя в настоящее время сама сила гравитационного притяжения Луны довольно мала, но ее воздействие дважды в сутки способно, по мнению некоторых ученых, «расшатывать» горные породы и вызывать в них перераспределение напряжений. К тому же наряду с суточной выявлена 10-летняя периодичность влияния Луны на сейсмическую активность Земли (Хаин, 1995).

Данная гипотеза обсуждается в разных аспектах довольно давно, в том числе ряд исследователей считают, что гравитационное воздействие Луны на напряженное состояние пород является причиной многих землетрясений на Земле, а также других геологических процессов. Высказывались мнения, что процессы, подобные приливам и отливам, могут происходить и в верхней мантии Земли, движение которой и вызывает сейсмические события в земной коре.

Обстоятельные исследования на этот счет были проведены японскими сейсмологами, установившими корреляционные связи между сейсмическими событиями на Земле и положением Луны относительно Земли. Однако рядом ученых высказывается и противоположная точка зрения, поэтому пока данная гипотеза не получила надежного подтверждения.

В противоположность этим общепринятым гипотезам, Ю.Н.Авсюком (1993)[2] была высказана оригинальная гипотеза о периодическом изменении расстояния между Луной и Землей, вызванного смещением внутреннего твердого ядра Земли, взвешенного в жидком ядре и испытывающем то же приливное воздействие Луны, что должно было вызывать периодическую активизацию сейсмических и иных процессов на Земле. Пока эта гипотеза не находит полного подтверждения, хотя и объясняет некоторые геологические события на Земле в прошлом.

Второй аспект в последнее время все более активно разрабатывается и находит свое воплощение в ряде гипотез о периодичности геологических процессов на Земле, связанных с периодичностью солнечной активности в 9, 30, 90 лет и более (Хаин, 1995). Исследованиями М.Миланковича были выявлены циклы в 21, 41 и 90 тыс. лет, а дополнительные работы установили цикличность в 13, 19 и 23 тыс. лет. На базе этих представлений высказывались гипотезы о периодичности климатических и глобальных геологических изменений на Земле.

Третий аспект связан с гипотезами о еще более длительной цикличности процессов на Земле – от 10^7 до 10^8 лет. Они обусловлены галактическими

[1] Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Глобальная эволюция Земли. – М., Изд-во МГУ, 1991, 446 с.

[2] Авсюк Ю.Н. Эволюция системы Земля-Луна и её место среди проблем нелинейной геодинамики. – Геотектоника, 1993, № 1, с. 13-22.

воздействиями на Солнечную систему (Хаин, 1995; Ясманов, 1992).

Указанные гипотезы могут стать в ближайшем будущем основными теориями геологической эволюции Земли. При этом необходимо отметить, что следствия из данных гипотез затрагивают не только современное изменение напряженного состояния массивов пород (приливы, сейсмичность и т.п.), но и более широкие аспекты активизации или затухания эндогенных и экзогенных процессов на Земле в различные геологические эпохи.

2. Гипотеза о частоте проявления геологического (инженерно-геологического) процесса – частота возникновения геологического процесса данного типа (генезиса) обратно пропорциональна масштабам его проявления, т.е. его интенсивности (энергии) и объему развития в пределах земной коры (Королев, 2010). Эту гипотезу можно выразить в количественной форме:

$$N/t = k/E = 2k/mV^2 = k/mgh,$$

где N – число проявлений процесса в единицу времени t; E – энергия процесса; m – масса пород, вовлеченных в процесс; V – скорость смещения массы; k – коэффициент, зависящий от вида процесса; g – ускорение свободного падения; h – высота над уровнем сравнения.

Доказательством этой гипотезы и её перевод в ранг теории или закона могли бы служить данные длительных мониторинговых и режимных наблюдений за частотой проявления во времени различных эндогенных и экзогенных природных геологических процессов, показывающие, что наиболее энергоемкие и катастрофические проявления геологических процессов происходят редко, тогда как менее энергоёмкие процессы случаются относительно часто. Наибольшее количество доказательств этой гипотезы накоплено при наблюдениях за проявлением землетрясений разной интенсивности (магнитуды). В частности для землетрясений количественная форма данной гипотезы принимает вид:

$$N/t = k_1/M,$$

где M – магнитуда землетрясения; k_1 – константа. В области сейсмологии установлен ряд количественных закономерностей, частично подтверждающих данную гипотезу (см. гл. 6).

Следствием данной гипотезы является важное обстоятельство, позволяющее прогнозировать частоту проявления того или иного процесса на данной территории, оценивать вероятность его проявления, а также намечать мероприятия по управлению риском проявления данного процесса.

3. Гипотеза о большей интенсивности инженерно-геологических процессов по сравнению с природными – инженерно-геологические процессы, обусловленные соответствующими техногенными воздействиями, происходят с большей интенсивностью, чем аналогичные природные геологические процессы в тех же условиях (формулировка авторов).

Авторство гипотезы не известно. Однако многими инженер-геологами отмечалось (Г.А.Голодковская и др.), что инженерно-геологические процессы происходят с большей интенсивностью, чем их природные аналоги. Сторонники этой гипотезы объясняют её тем, что техногенное вмешательство в геологическую среду, которое обычно осуществляется довольно интенсивно, вызывает резкую её реакцию на это воздействие. Если природные природные процессы происходят относительно медленно в силу незначительных и постепенных возмущающих воздействий их вызывающих, то их техногенные аналоги развиваются, как правило, под влиянием резких возмущающих воздействий.

Противники этой гипотезы считают, что техногенные воздействия могут осуществляться с разной скоростью и интенсивностью, и поэтому интенсивность развития инженерно-геологических процессов от этого не зависит.

4. Гипотеза активизации экзогенных геологических процессов в связи с глобальным потеплением климата – многолетнее глобальное потепление климата обусловливает устойчивую тенденцию активизации проявления различных экзогенных геологических процессов, зависящих от климатических факторов (формулировка авторов).

Гипотеза относится к области инженерной геодинамики. Авторство этой гипотезы установить трудно. Такие гипотетические идеи высказывались О.В.Зеркалем (2008), Н.Г.Комаровой, И.В. Мальнёвой и Н.К.Кононовой, Е.Д.Надёжиной и Т.В.Павловой, Г.Н.Паниным (Envitonmental..., 2011) и многими др. исследователями, которые обосновывали эту гипотезу многолетними данными по мониторингу экзогенных геологических процессов, в частности на Северном Кавказе и др. регионах. Попытки обосновать и доказать эту гипотезу остаются пока безуспешными, как и безуспешны доказательства самой гипотезы глобального потепления климата на Земле.

Противники этой гипотезы считают, что отмечаемые в настоящее время тенденции увеличения среднегодовых температур в ряде регионов Земли связаны не с устойчивой глобальной тенденцией, а обусловлены длительными многолетними циклами климатических изменений, вызывающими как временные длительные потепления, так и временные длительные похолодания климата. Гипотеза относится к категории открытых проблем.

5. Гипотеза о газогенерации горных пород за счет трещинообразования. Она состоит в том, что при действии механических напряжений, вызывающих рост трещины в горной породе, в вершине трещины происходит выделение газообразных компонентов (газов), состав которых определяется типом породы. В отношении геодинамики горных пород и массивов это явление может иметь глобальный характер, поскольку трещинообразование сопровождает любые процессы разгрузки напряжений в массивах горных пород в глобальном и локальном масштабе. Иными словами при механической разгрузке напряжений в массивах горных пород происходит газовыделение, особенности которого определяются типом пород и характеристиками действующих напряже-

ний, а в более общем случае – термодинамическими условиями массива.

Данная гипотеза родилась в связи с исследованием процессов метанообразования в горных выработках угольных платов, горных ударов и взрывов метана в угольных шахтах. В частности, согласно этой гипотезе метанообразование в угольных шахтах – естественный процесс, связанный с разгрузкой напряжений угольных пластов в выработках, при которой происходит интенсивное трещинообразование, а в вершине каждой трещины при её росте выделяется газ, состоящий из тех элементов, которые содержатся в данной горной породе. В случае с угольными пластами – это метан (CH_4), поскольку углерод составляет уголь, а водород содержится в контактирующем с ним воздухе. Таким образом, разгрузка (сопровождающая любую выработку) порождает выделение метана. Ну, а его взрыв – это явление вторичное, которое может произойти по многим причинам, в том числе человеческого характера (нарушение техники безопасности, курение, и т.п.).

Наряду с этим, данная гипотеза объясняет газогенерацию любых газов на Земле, имеющих геологическое происхождение и отличных от газогенерации иных типов: биогенной газогенерации, химической или техногенной.

5.3.3. Гипотезы и идеи региональной инженерной геологии

В области региональной инженерной геологии пока высказано, пожалуй, наименьшее количество гипотез.

6. Гипотеза об инженерно-геологических условиях – высказана Д.Дж.Прайсом (1984, с.106)[1] в виде «уравнения» (выведенного им совместно с Дж.Л.Ниллом), характеризующего зависимость инженерно-геологических условий (ИГУ) от свойств грунтового массива и факторов окружающей среды[2]:

$$М + О = ИГУ,$$

где М – «свойства массы», или свойства грунтового массива; О – факторы окружающей среды (включая климат, стихийные бедствия, напряжения, время).

Приведенное «уравнение» гипотетично и записано с нарушениями, т.к. входящие в него параметры имеют разную размерность, которая автором не определена. Поэтому правильнее его записать в виде функции: ИГУ = f(М, О), в этом случае оно будет отражать основной закон региональной инженерной геологии (хотя и не полно).

С учетом вышеуказанных уравнений, Д.Дж. Прайс приводит еще одно «уравнение», также имеющее гипотетический характер, т.к. оно не выводится математически:

$$(S_0 / S_1) = P,$$

где S_0 – начальные (до строительства) инженерно-геологические условия строительной площадки; S_1 – ИГУ, измененные в результате строительных работ; Р – поведение грунта при строительстве.

Данное уравнение, в отличие от вышеуказанных, представляет интерес хотя бы потому, что оно математически верно. Однако что стоит за «поведением» грунта – автор не раскрывает, хотя понятно, что величина Р отражает техногенное изменение грунтового массива.

Пожалуй, приводимые «уравнения» интересны лишь тем, что их авторами предпринята попытка выразить в математической форме те или иные закономерности формирования ИГУ территорий.

Таким образом, вышерассмотренные гипотезы и идеи инженерной геологии ждут своего доказательства или опровержения, чем и будет во многом определяться развитие теоретической базы этой науки в будущем.

[1] Прайс Д.Дж. Современные методы исследования свойств горных пород. // 27-й Межд. геологический конгресс. Инж. геология. Секция С.17. Доклады. Том 17. – М., Наука, 1984, с.106-114.

[2] Приводимые уравнения в математической форме записаны авторами настоящего пособия, т.к. Д.Прайс приводит лишь вербальную формулировку этих «уравнений».

Глава 6.
ОБЩИЕ ЗАКОНЫ И ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

6.1. Научные законы и закономерности в геологии

В методологии науки важнейшая роль отводится научным законам, способам и правилам их построения, рассмотрением которых занимается специальное направление – номология (от греч. *nomos* закон + *logos* понятие, учение) – наука о законах.

Научные законы – один из важнейших элементов логической структуры любой науки. Из этого следует, что каждая наука должна иметь свои собственные научные законы. Как подчеркивал И.П.Шарапов (1989): «О зрелости той или иной науки можно судить по величине опережения предметного знания методическим и по степени совершенства последнего». Он считал это положение доказанным в метанауке. Выявление и четкое формулирование законов инженерной геологии – один из путей логико-формального доказательства позиции, что инженерная геология действительно является сформировавшейся самостоятельной наукой. Отраженные в мышлении законы составляют, как известно, ядро любой науки. Инженер-геологи явно недооценивают эти элементарные метанаучные положения (Трофимов, 1999).

6.1.1. Содержание понятия «научный закон»

Содержание понятия «научный закон» исследователи определяют по-разному. Так, Г.К.Бондарик в своей теоретической работе (1981) определил вслед за П.В.Копниным (1968), закон как «некоторое утверждение, отражающее предмет данной науки и имеющее всеобщий характер» (стр.45).

По иному, более широко определено содержание рассматриваемого понятия в Большой советской энциклопедии: «Закон – необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями» (БСЭ, 1973,т.9, с.305). Закон выражает связь между предметами, составными элементами данного предмета, между свойствами вещей, причем эта связь является необходимой. Закон «выражает существующую связь между сосуществующими в пространстве вещами» (Там же).

Иван Прокофьевич Шарапов (1907-1996)

И.П.Шарапов, обобщая опыт философских определений закона, принял следующее содержание этого термина: «закон в природе – это взаимная связь двух объектов или процессов или двух свойств одного объекта (процесса), причем связь, являющаяся сущностью, объективная, общая для некоторой области действительности, необходимая при наличии определенных условий и инвариабельная» (1989, с.70).

Поясняя содержание этого определения, И.П. Шарапов подчеркнул, что на «первый взгляд может показаться, что в законе связано не два, а большее число предметов мысли, но это не так. Закон – своего рода уравнение, а во всяком уравнении есть две части – правая и левая, причем, каждая из них может иметь несколько компонентов. Компоненты каждой части образуют коллектив, так что получаются два коллектива, связанные друг с другом» (1989, с.70).

Напомним еще два важных положения: а) одни законы выражают количественную зависимость между явлениями и могут быть представлены в виде математических выражений (формул), другие – имеют качественный характер и не могут быть выражены математической формулой, а излагаются в вербальном виде; б) логическую структуру любой науки (в том числе и инженерной геологии) формируют как собственные законы, так и законы смежных наук, включая геологические законы и общие законы природы.

Таким образом, обобщая вышеприведенные формулировки, можно заключить, что научный закон в геологии или геологический закон — вербальное и/или математически сформулированное научное утверждение, описывающее наиболее существенные связи между различными геологическими понятиями, явлениями, процессами, предложенное в качестве объяснения геологических фактов и согласующееся с опытными данными.

Академик Юрий Александрович Косыгин (1911-1994)

Некоторые свойства, сущность и особенности геологических законов были рассмотрены А.Д.Султановым и др. (1970), И.В.Крутем (1973, 1978), Е.А.Куражковской и Г.Л.Фурмановым (1975), И.Ф.Зубковым (1979), А.М.Лурье (1983), И.А.Резановым (1987), И.П.Шараповым (1989), С.А.Морозом и др. (1989), В.Е.Хаином (1995, 2003), Ю.А.Косыгиным (1995), Т.Ф.Трифоновым (1997), В.Т.Фроловым (2000, 2004), В.П.Макаровым (2007), В.Е.Хаином и др. (2008) в том числе с позиции категорий и законов диалектики. Геологические законы – частные законы, опирающиеся на представления о законах в теории познания.

И.Ф. Зубковым (1979) была рассмотрена история создания геологических законов. Им было обосновано два периода их выявления. Первый период он связывал с процессами становления геологии до XX века. В это время были сформулированы некоторые положения, названные основными законами геологии (например, законы Леонардо-да Винчи о периодической смене суши и морей; закон Стено о нормальном горизонтальном залегании слоев и др.). Второй период обобщения геологических данных И.Ф.Зубков относил к XX веку. Согласно его точке зрения в это время интенсивность выделения геологических законов снизилась. Более того, среди многих ученых появились тенденции отрицания существования законов в геологии вообще (Зубков, 1979, с.199-209). В это время не было сформулировано почти не только ни одного геологического закона, но и упоминание о них часто стало стыдливо замалчиваться. Близкую к этому точку зрения высказывал позже и И.П.Шарапов (1989), отмечая, что геология в формулировании собственных законов делает лишь первые шаги. В.Е.Хаин и А.Г.Рябухин также объясняли это положение засилием эмпиризма в геологии и недостаточностью обобщений. Эту точку зрения (которую В.Т.Фролов (2004, с.14) на наш взгляд не обоснованно называет редукционистской) поддерживали практически все геологи.

По мнению И.Ф.Зубкова (1979), В.П.Макарова (2008) и многих других причинами такого положения стали существенные недостатки философского осмысления фундаментальных проблем геологии, среди которых им выделяются следующие: 1) игнорирование двойственности геологического наблюдения; 2) мало обоснованная вера в объективность геологического знания; 3) абсолютизация многих методов научного исследования, например, таких как геологическое моделирование (в разных его формах), математические (в том числе статистические) методы исследований и др.; 4) во многих разделах геологии (геохронология, геохимическая и изотопная баротермометрия, изотопная геохимия, задача об источниках вещества, петрография горных пород и пр.) были выявлены методологические (теоретические, математические, методические) ошибки. Таким образом, И.Ф.Зубков, И.П.Шарапов и др. считали основной причиной отсутствия четких законов в геологии ее неразвитость.

Иную точку зрения высказывал В.Т.Фролов (2000; 2004, с.14), который основной причиной этого считал специфические особенности объекта и предмета исследования геологии. Проведя анализ имеющихся законов в геологии, он заключает: «Хотя геологический «законотворческий» процесс может прогрессировать, приходится признать, что в собственно геологии не будут открыты законы такой же строгости, универсальности, общности и постоянства, какими вооружены точные науки, и что в геологии законы не будут играть такую же определяющую роль и служить обязательными критериями научности и зрелости, а также залогом успешных поисков месторождений полезных ископаемых. Однако с этими пессимистическими утверждениями не согласятся кристаллографы, минералоги, геохимики и петрологи, не говоря уже об инженерах-геологах, гидрогеологах, криолитологах и других мерзлотоведах и гляциологах, а также о георазведчиках. Это заставляет перейти к раздельному анализу номологической базы наук, и его достаточно осуществить по отношению к основным из них» (Фролов, 2004, с. 18). Далее в своей монографии В.Т.Фролов приводит таблицу, в которой им подсчитаны баллы «теоретичности» и «историчности» (спекулятивности) «основных» геологических наук[1]. Общий смысл его оценки таков, что «теоретичность» уменьшается при переходе от «геологических наук о веществе» (кристаллография, минералогия, геохимия и др.) к геологическим наукам о строении и истории литосферы и Земли в целом. При этом «историчность» (или спекулятивность) в этих науках, напротив, возрастают.

Давая итоговую оценку номологической базы геологии В.Т.Фролов (2004, с. 31) отмечает, что «По уровню базы сформулированных научных онтологических законов и других номологических высказываний (принципов, правил, закономерностей, постулатов) геологические науки резко различаются и образуют непрерывный ряд от наук точных (кристаллография) до исторических (геология s. sir., геоистория s.str. в особенности), функционирующих, притом успешно, почти без четких законов.

Это не позволило дать интегральную оценку номологической базы геологии в целом, а заставило подойти отдельно к каждой науке». И в заключении проведенного номологического анализа В.Т.Фролов пишет: «Отсутствие строгих законов в геологии, своего рода «беззаконие » объясняют и молодостью геологии как науки, что также не выдерживает критики: более молодые геохимия и литология уже сформулировали ряд законов. Поэтому назрела иная постановка вопроса: не объективна ли основная причина бедности геологии законами, не связана ли она с объектами, предметами и задачами, т.е. с характером науки? Не является ли геология наукой иного типа, к которому относятся история, археология? Если это так, то правильно ли ее мерить общим аршином, аршином точных наук? Интуитивно ответ виден из

[1] Попутно отметим, что приведенная В.Т.Фроловым (2004) классификация геологических наук вызывает целый ряд возражений и является на наш взгляд несколько тенденциозной. Нельзя согласиться с тем, что ряд наук в этой классификации (в том числе и инженерная геология) попали в разряд «прикладных».

материала по законам геологии, более очевидным он может быть после анализа ее теорий и гносеологии».

Идея В.Т.Фролова об «исключительности» геологии, как науки и ее близости с гуманитарными (или другими «не точными») науками (историей, археологией и др.) на наш взгляд не продуктивна и ошибочна. Сетования В.Т.Фролова на то, что нет (или пока нет) «теории» развития Земли, как эмпирического обобщения, вполне объяснимы и как сложностью изучаемого объекта, и тем обстоятельством, что наука бесконечна, в том плане, что ни одна теория не может быть исчерпывающей (см. ниже раздел 6.2). Призыв В.Т.Фролова к геологическим фактам и эмпирическим обобщениям (а не к поиску геологических законов и теорий) не нов и вряд ли может считаться продуктивным выходом из создавшегося в геологии положения. Тем более, что никто не отрицает роль фактов и эмпирических обобщений, но не надо все многообразие методов познания сводить только к этим положениям!

Согласно В.П.Макарову (2008), проблема «геологических законов» не нашла своего разрешения в новейшей истории развития геологии, хотя геологические законы являются краеугольными камнями общей структуры объективного геологического знания. Это общее замечание целиком можно отнести и к современной инженерной геологии.

С другой стороны опасна и иная крайность: необдуманное «законотворчество», «штампование» множества новых ничем не обоснованных геологических законов, особенно характерное псевдоученым. Яркий тому пример – «основные геологические законы» «открытые» В.М.Дуничевым[1]: 1) закон изменения структуры горных пород («по мере погружения в недра литосферы структура горных пород изменяется от аморфной, тонкодисперсной и обломочной до все более крупнокристаллической); 2) закон изменения энергонасыщенности горных пород (по мере погружения в недра литосферы и перехода от аморфных, тонкодисперсных и обломочных во все более крупнокристаллические энергонасыщенность горных пород уменьшается); 3) закон изменения химического состава горных пород (по мере погружения в недра литосферы и перехода от аморфных, тонкодисперсных и обломочных во все более крупнокристаллические химический состав горных пород изменяется: увеличивается содержание оксида кремния (в граните и оксидов натрия и калия) и уменьшается содержание оксидов алюминия, железа, магния и кальция (в кварците и оксидов натрия и калия)). Все три указанных «закона» не выдерживают самой элементарной критики.

Попытки литологов сформулировать законы литологии (см. www. Законы литологии) также критиковались многими авторами как начетнические, не продуманные и не обоснованные[2].

Иными словами ситуация с формулированием геологических законов складывается весьма сложная, не определенная и двойственная: с одной стороны звучат призывы к геологам формулировать законы, с другой – все эти попытки «встречаются в штыки», а ученых незаслуженно обвиняют в «законотворчестве».

Интересный анализ приводит в своей работе Э.Мах (2012), рассматривая так называемые «законы природы» и их связь с «законами гражданскими». «Различие – пишет он, – между теми и другими законами усматривают обыкновенно в том, что гражданские законы могут быть и нарушаемы, между тем как уклонение процессов природы от законов природы – дело невозможное». Но далее он опровергает это мнение тем, что «выявляя законы природы» исследователь не огражден от ошибок вследствие неправильности наших воззрений на тот или иной предмет в настоящее время.

Таким образом формально и «закон природы» может нарушаться. Отсюда, заключает Э.Мах, проистекает иная крайность, согласно которой «наши лишь ощущения и наши понятия предписывают законы природы». Но Мах не поддерживает эту точку зрения. С учетом этого обстоятельства Э.Мах дает такое определение: «по происхождению своему «законы природы» суть ограничения, которые мы предписываем нашим ожиданиям по указаниям опыта» (Мах, 2012, с.425).

В этой связи интересен философский вопрос о том, мог ли существовать «закон природы» ранее, чем он был познан? Вопрос по своей постановке близок к известной проблеме о первичности яйца или курицы. Рассматривая «закон природы» не как нечто неизменное, раз и навсегда установленное, а как идеальную субстанцию ограничения, сформулированную на данный момент исторического (или научного) развития мы должны прийти к заключению, что данный «закон природы» не может существовать ранее, чем он был познан.

Однако согласно иной точке зрения «закон природы» не материал, это наше идеальное воплощение конкретного проявления пространственно-временных отношений между объектами окружающего нас материального мира – природы. Но дело в том, что проявления этих пространственно-временных отношений в природе, как и сама природа (или материя в более широком смысле), существуют независимо от нас, следовательно, и «законы природы», как форма, отражающая объективное бытие материи, существовали ранее, чем они были познаны человеком.

Отсюда проистекает и другой важный философский вопрос «о познаваемости мира». Бесконечность материи (в том числе и её геологической формы движения) и вширь, и вглубь предписывает ее принципиальную непознаваемость. Однако в процессе познания никакому исследователю окончательно «двери не закрыты»: в своем научном любопытстве он может также продвигаться неограниченно глубоко «и вширь, и вглубь» материи. Согласно Э.Маху, «постоянно возрастающая определенность законов природы, все усиливающееся ограничение ожида-

[1] Дуничев В.М. Геология XXII века. – Южно-Сахалинск: Издательский дом «Welcome», 2002, 162 с.

[2] См. например,: Левин Б. Законы геологии – те или не те? Они или не они? – www. berlev.info/?p=1325/ Дата публикации 10.06.2011

ния соответствуют более точному приспособлению наших мыслей к фактам. Полное приспособление к каждому индивидуальному, имеющему возникнуть в будущем и не поддающемуся учету факту, конечно, невозможно. Многосторонняя, возможно более общая, применимость законов природы к конкретным случаям действительности становится возможной только через абстракцию, через упрощение, схематизацию, идеализацию фактов, через мысленное разложение их на такие простые элементы, что данные факты смогут быть из них снова мысленно построены и сложены с достаточной точностью» (Мах, 2012, с. 430).

Итак, закон «состоит всегда в ограничении возможностей, все равно имеет ли он значение ограничения поступков или неизменного пути, по которому совершаются процессы в природе» (Мах,2012, с.426). Вся история развития естествознания подтверждает этот тезис: прогресс естественных наук, включая геологию и инженерную геологию, создают все более возрастающее по Э.Маху «ограничение ожидания», всё большую определённость между открытыми на данный момент фактами и теориями (идеями, мыслями). Согласно Э.Маху (2012) «законы природы порождаются нашей психологической потребностью найтись среди явлений природы, не стоять перед ними чуждо и смущенно».

«Но можно ли сказать, – пишет далее Э.Мах (2012, с. 433), что законы природы, как лишь субъективные предписания для ожидания наблюдателя, не связывающие действительности, не имеющие никакого значения? Никоим образом! Ибо, хотя наше ожидание лишь в известных границах соответствует чувственной действительности, оно все же многократно оказывалось правильным и ежедневно все более оправдывается. Таким образом, вводя постулат единообразия природы, мы не совершаем никакой ошибки, хотя ввиду неистощимости опыта абсолютная применимость его никогда не может быть доказана в полном смысле временной пространственной безграничности, и он, подобно всякому вспомогательному средству науки, навсегда остается лишь идеалом».

6.1.2. Содержание понятия «закономерность»

Наряду с научными законами различают более узкое понятие – **научная закономерность**. Закон и закономерность тесно взаимосвязаны. Под закономерностью понимают относительно устойчивую и регулярную взаимосвязь между явлениями и объектами реальности, обнаруживающуюся в процессах их изменения и развития (Добреньков, Осипова, 2007).

Согласно И.П.Шарапову (1989, с.74) – «Повторение одинаковых или почти одинаковых событий в определенной обстановке мы воспринимаем как закономерность, т.е. как подчиненность какому-то вообще неизвестному закону. Фиксируя сопутствующие явления повторяющегося события, мы можем с той или иной вероятностью предсказывать появление нового события. Осмысленная формулировка того, что приводит к закономерности, дается в законе».

По пововду закономерностей И.Ф.Зубков (1979) писал: «На пути к закону обычно устанавливается закономерность — как ослабленная форма закона. К сожалению, нередко выявление закономерности рассматривается или молчаливо признается как конечный пункт исследований». И далее: ««Такой подход к познанию существенных связей геологических объектов служит одной из причин отсутствия в геологии четко сформулированных законов, что, в свою очередь, порождает объяснение их отсутствия особенностями объекта геологии, а не субъективными, гносеологическими причинами». Согласно В.Т.Фролову (2004, с.15) «ИФ.Зубков причину отсугствия четких законов в геологии, таким образом, тоже видел в ее неразвитости, а не в объекте или предмете этой науки».

Наряду с закономерными событиями существуют и случайные, незакономерные или вероятностные события. Таким образом, если случайность это непознанная закономерность, то закон это познанная закономерность или, точнее, результат познания закономерности, выраженный определенным суждением. Отсюда по И.П.Шарапову (1989, с.74) следует, «что закон природы — это сущностная, объективная, необходимая, общая в определенной области, инвариабельная связь двух предметов или двух групп предметов. Гносеологический аспект закона — отражение объективной связи двух предметов, образующееся в сознании исследователя. Как логическая, языковая конструкция, закон — система двух нетривиальных суждений, между которыми есть отношение фактического или логического следования. Иначе говоря, закон — диадическое высказывание или совместимость двух нетривиальных суждений, имеющая объективный, необходимый, общий в соответствующей области и инвариабельный характер».

Таким образом, выявляя конкретные закономерности, мы двигаемся по пути установления на их основе более общего научного суждения – закона. **Закономерность** в геологии – необходимая, существенная, постоянно повторяющаяся взаимосвязь явлений, определяющая этапы и формы процесса становления и развития геологической формы движения материи.

6.1.3. Классификация научных законов

В методологии науки законы классифицируются по различным признакам. Так, с учетом широты охвата или широты области предикации законов, выделяется три их основных типа:

1. Законы всеобщие (универсальные) – общие философские законы, законы диалектики и логики, применимые в любых науках, в том числе – во всех геологических. Они не обладают строгим математи-

ческим выражением и формулируются в вербальной форме.

2. Законы общие – характеризуют отношения между общими свойствами больших совокупностей объектов и др. явлений (например, закон сохранения массы и т.п.). К этой категории относится основное число законов физики, химии, термодинамики, математики и др. точных наук. Обладают строгим математическим выражением. Многие из них применяются в разных геологических науках и имеют собственную форму (формулировку) приложения.

Рис. 6.1. Логическое соотношение понятий и видов научных законов и закономерностей

3. Законы частные (специфические) – выражают отношения между специфическими явлениями или частными (более узкими) свойствами объектов (напр. Закон Гука и др.). Обладают строгим математическим выражением или приводятся в вербальной форме. Многие из них открыты и действуют в разных геологических науках и применимы только к тем или иным геологическим объектам.

Границы между законами и закономерностями относительно условны, т.к. в частных законах проявляется действие общих и всеобщих законов, а в частных закономерностях – действие более общих. Тем не менее, в геологии многие частные закономерности неправомерно возводятся в ранг закона. Логическое соотношение понятий и видов научных законов и закономерностей показано на рис.6.1.

Открытие новых свойств, явлений, закономерностей и законов – основная цель и сущность научных исследований в геологии. По способу получения (открытия) законы могут быть эмпирическими – выведенными на основе опытных данных, и теоретическими – выведенными путем теоретических обобщений и анализа.

В 1979 г. И.П.Шарапов предложил подробную классификацию научных законов (с выделением изомеров в самостоятельные классы). Он исходил из деления всех исследуемых наукой предметов на реальные (физические) тела (Т), их изменения, явления и процессы (П) и идеальные системы (или системы идей) (И). При этом тело (Т) может фигурировать в законе со всеми своими признаками или, в других случаях, только как вещество (субстрат), как качество, свойство, отношение, форма, часть пространства и т.д. Процесс (П) может выступать в законе как генезис, функционирование, гибель тела, последовательность смены состояния, время существования тела и т.д. Идеей (И) в данном случае может считаться любая абстракция, мысль, концепция, методологическая операция, прием исследования, ошибка наблюдения, специфический язык, прогноз, диагноз, ретрогноз, оценка — словом, все, что возникает в голове исследователя, что связано с его личностью. Далее он определил попарно партнёров связи в законах, как возможные сочетания между Т,П и И. Подход И.П.Шарапова к определению закона – формально-логический, хотя возможен и диалектический подход, но все ныне известные законы геологии по его мнению – формально-логические.

Классы законов он охарактеризовал сочетаниями партнеров связи (попарно) таким образом: 1) $Т_1$-$Т_2$; 2) Т-П и изомер П-Т; 3) $Т_1$-$Т_2$; 4) Т-И и изомер И-Т; 5) П-И и изомер И-П; 6) $И_1$-$И_2$. Законы, входящие в первые три класса, И.П.Шарапов назвал объектными или предметными, а законы следующих трех классов — методическими. По другому подходу законы первых пяти классов можно считать научными, а законы последнего класса — метанаучными.

Позже (1989) эта классификация была им упрощена. Если законы рассматривать как импликации, то в изомере антецедент меняется местом с консеквентом. Такова его новая классификация законов. Приведем по И.П.Шарапову (1989) примеры отнесения геологических законов к тому или иному классу.

Класс T_1-T_2. Закон радиоактивного распада: число атомов радиоактивного элемента, не распавшихся по прошествии интервала времени t, определяется по формуле $N=N_o e^{-\lambda t}$, где N – число атомов данного элемента в исследуемом образце в любой, произвольно принятый за нулевой момент времени; λ – постоянная распада данного элемента; e – неперово число, равное 2,718. Первый партнер связи в этом законе ($Т_1$) обозначен N, второй ($Т_2$) — N_o. Этот закон используется в ядерной геологии.

Класс *Т-П. или П-Т.* Закон Коржинского: зоны замещения химических компонентов горной породы, захваченной метасоматозом, располагаются в порядке, отвечающем ряду подвижности компонентов. Первый партнер связи здесь — зоны замещения химических компонентов горной породы, захваченной метасоматозом. Второй партнер — ряд подвижности компонентов.

Класс $П_1$-$П_2$. Закон Головкинского-Вальтера: фауна в осадочной породе любого бассейна седиментации изменяется по стратиграфической вертикали в том же порядке, как и по горизонтали. Первый партнер связи здесь — изменение комплекса фауны в толще осадочной породы по вертикали, второй партнер — изменение комплекса фауны в той же породе по горизонтали.

Класс *Т-И или И-Т.* Законы этого класса в геологии по мнению И.П.Шарапова (1989) еще не открыты. Однако найдены закономерности, за которыми чувствуются какие-то законы этого класса. Пример такой закономерности: точность подсчета запасов элементов-примесей в руде зависит от минераль-

ного состава последней. Для формулирования закона необходимо доказать, что эта зависимость имеет объективный, общий и инвариабельный для данной предметной области характер, выражает необходимость, а не случайность.

Класс *П-И или И-П*. Законы этого класса в геологии тоже еще не найдены. Однако выявлены некоторые закономерности, за которыми, по-видимому, скрываются какие-то законы. Общий характер таких закономерностей — связь геологических прогнозов с наблюдаемыми на поверхности изменениями в составе и физических свойствах горных пород. Предполагается, что эти изменения вызваны теми же процессами, которые образовали на глубине прогнозируемое тело.

Класс $И_1$-$И_2$. Сравнительно-литологический закон Страхова: представления о закономерностях состава и свойств современных геологических осадков с теми или иными физико-географическими условиями являются основанием для вывода об условиях и механизме образования древних осадочных пород. Сам Н.М.Страхов называет это положение не законом, а принципом, но, как известно, каждый принцип — это закон в гносеологической функции.

Таким образом по своей логической форме все научные законы представляют собой суждения о чем-то (номологические высказывания), подчиняющиеся правилам логики.

Согласно О.С.Разумовскому (1999) в философско-номологическом смысле научные законы можно подразделять по разным принципам. По форме объективные научные законы разделяют на три типа: 1) законы-тенденции (их-то часто и обозначают как «закономерности»); 2) законы однозначной детерминации, имеющие место главным образом в механических процессах, в технике; и, 3) статистические (вероятностные) законы, как, например, законы больших чисел и др. Законы также можно различать по принципу отношения и противопоставленности друг к другу, например, как законы формальные и содержательные; законы внутренние и внешние; законы всеобщего, особенного и частного (специфического); законы возможного и действительного; законы необходимого и случайного; законы атемпоральные и темпоральные и др. По различию субстрата, основы различают законы бытия и духа, сознания, мышления; законы природы и мышления; законы неживой и живой природы; законы природы и общества. По различию организации объектов выделяют законы структур и законы хаоса, сетей и законы системности. По различию состояний движения/покоя можно выделить законы статики, и динамические законы (изменений, движения, развития, эволюции, прогресса). Выделяются также законы функционирования, включая законы причинения, порождения одного другим, генезиса, а также наследования сущностных свойств объектов, как это прослеживается в эволюционных процессах в природе и обществе. В пространственном смысле выделяют законы мегамира, макромира и микромира.

Согласно В.И.Вернадскому в науках о Земле выделяются законы двух типов (Хаин и др., 2008): 1). Наиболее распространенные законы, представляющие собой модификацию, приложение общих законов физики, химии, термодинамики, математики и др. точных наук к объектам геологии. 2). Законы-тенденции, связанные с историей развития Земли и отражающие своеобразие и уникальность реализованных геологических процессов во времени и пространстве.

Таким образом, первая категория законов, выделенных В.И.Вернадским – общие законы, не являются в строгом смысле собственно геологическими законами, а выступают лишь их приложением к геологическим объектам. Тем не менее, все геологические науки, включая инженерную геологию и экологическую геологию, не могут без них обходиться. Особенно велика роль общих законов в тех геологических науках и их разделах, где применение точных наук достигло наибольшего объема, например, в кристаллографии, геохимии, геофизике, инженерной геологии (и таких её разделах как грунтоведение, инженерная геодинамика), гидрогеологии, геокриологии и др. Эти законы, как правило, имеют детерминистское выражение.

Вторая категория законов, напротив, уже относится только к геологической форме движения материи, только к геологическим объектам, а поэтому эти законы и являются собственно геологическими законами в полном смысле этого слова. Очевидно к этой же категории законов следует относить и частные или специальные (специфические) геологические законы, сформулированные во многих научных направлениях геологии применительно к их объектам изучения (Хаин и др., 2008). Многие законы-тенденции носят вероятностный, статистический характер, поэтому они чаще имеют вербальную формулировку и не описываются с детерминистских позиций; специальные законы часто имеют математическую формулировку.

Количество именно таких законов в той или иной геологической науке отражает уровень её теоретического развития: чем больше открыто таких законов, тем выше теоретический базис данной науки (Круть, 1973; Хаин и др., 2008). Упреки геологии в том, что она имеет мало сформулированных геологических законов, часто являются справедливыми и обусловлены тем, что эта наука очень длительный период развивалась путем накопления фактов как эмпирическая.

С другой стороны это было обусловлено и большой сложностью изучаемых геологических объектов, недостатком в совершенных средствах и методах исследования состава, строения, состояния и свойств земной коры и более глубоких оболочек Земли. Ситуация резко изменилась за последнее столетие, что стало мощным импульсом к развитию теоретической базы геологии и открытию собственно геологических законов. Научные законы – это те «кирпичики», из которых затем выстраиваются научные теории.

6.2. О роли теорий в геологии

Теория – совокупность умозаключений, отражающая объективно существующие отношения и связи между явлениями объективной реальности. Согласно И.П.Шарапову (1989) «научная теория – это достаточно полная, внутренне не противоречивая система новых (для времени своего появления) логически истинных идей вообще и номологических высказываний в особенности, причем, система, имеющая описательную, номологически-объяснительную, эвристическую, экстраполяционную, прагматическую и аэротематическую способности. Каждая возникающая теория должна объективно отражать действительность, отвечать требованиям полноты, непротиворечивости, новизны, доказуемости, фактоустойчивости, возможно большей простоты и эффективности». Из этого определения следует, что для создания теории ученый должен пользоваться логикой, фактами и аксиомами, а также законами и закономерностями.

Как отмечал В.Т.Фролов (2004, с. 35): «Теории в науке наряду с законами определяют ее теоретический потенциал (ТП). Теория базируется на законах, как морские платформы для бурения покоятся на опорах. Теория заполняет пространство между законами, связывает их в единую цепь, структуру-систему или процесс, например, генетический или исторический. В геологии же с теорией, как и с законами, дефицит».

Согласно П.Дюгему (1910) «Идеалу однозначной определенности соответствует только та теория, которая изображает факты наблюдения, всегда сложные и зависящие от многообразных побочных обстоятельств проще, точнее, чем то может быть достигнуто собственно наблюдением». Эта определенность теории, считал Э.Мах (2012, с. 432) «дозволяет нам выводить из нее, через ряд последовательных, однородных, или комбинацию неоднородных дедукций, далеко идущие следствия, согласие которых с теорией обеспечено. Но согласие или несогласие этих выводов с опытом дает часто (именно ввиду возможного накопления уклонений) гораздо более точную пробу правильности теории или необходимости её исправления, чем прямое сравнение самих основных положений с наблюдением».

В методологии науки нет единых требований, которым должна отвечать научная теория. Одни авторы приводят весьма общие требования, другие – весьма жесткие и конкретные. Так, например, по И.П.Шарапову (1989) научная теория должна отвечать следующим конкретным требованиям:

1. Теория должна не только охватывать все наличные вещи (явления) в соответствующей области исследования, но и подходить к тем, которые когда-либо могут быть открыты в той же области (требование полноты).
2. Теория должна допускать принципиальную возможность доказательства ее правильности и истинности (требование принципиальной доказуемости).
3. Теория должна быть принципиально новой, что означает еепроникновение в такую область, куда еще не проникла мысль ученого. В связи с этим теория должна рождать новые проблемы (требование принципиальной новизны).
4. Теория должна быть внутренне непротиворечива, в связи с чем она должна содержать строгие определения терминов и предмета исследования. Внешняя же непротиворечивость (по отношению к существующим теориям) не обязательна, поскольку теория принципиально нова (требование внутренней непротиворечивости).
5. Теория должна быть эффективной, т.е. иметь большую информативность, объяснительную мощность, эвристичность, т.е. иметь способность синхронической (диагнозы) и диахронической (ретрогнозы и прогнозы) экстраполяции. Для этого теория должна критически использовать старые научные законы и открывать новые законы (требование эффективности).
6. Теория должна быть достаточно надежной, фактоустойчивой, гибкой, чтобы не разрушиться при появлении новых фактов, и должна обладать максимально возможной выживаемостью (требование надежности).
7. Теория должна быть возможно более простой, т.е. такой, чтобы выявление, описание и объяснение связей исследованных вещей давалось только по имеющимся основаниям, без привлечения каких-либо новых оснований (требование логической простоты). Здесь имеется в виду «простота как эвристический принцип познания».
8. Теория должна быть, по возможности, красивой, изящной, лёгкой (требование красоты).

При этом, если хоть одно из первых семи требований нарушено, теория считается неприемлемой, т.е. она фактически не имеет права называться теорией. Ее надо перестроить. Что же касается восьмого требования, то оно учитывается при сравнительной оценке приемлемости двух или большого числа конкурирующих теорий, каждая из которых отвечает первым семи требованиям (Шарапов, 1989).

Проведенный И.П.Шараповым (1989) анализ имеющихся геологических теорий показал, что в современной геологии нет ни одной теории, которая отвечала бы всем этим требованиям. Интересны, по его мнению, но пока еще не совсем совершенны теория литогенеза Н.М.Страхова, теория типизации морских отложений В.Т.Фролова, теория оснований стратиграфии Г.П.Леонова, теория рудообразования Д.С.Коржинского, теория геоцикличности А.А.Трофимука – Ю.Н.Карогодина, теория тектонической терминологии В.А. Соловьева и некоторые другие. Все прочие построения в геологии, называющиеся теориями, еще более далеки от идеала.

Аналогичный анализ имеющихся теорий, выполненный В.Т.Фроловым (2004) показал, что: «В какой-то мере требованиям определения в геоло-

гии отвечают, вероятно, лишь теории вещественных наук: теории кристаллических структур, кристаллогенеза, генезиса и синтеза некоторых минералов, кристаллизации расплавов и рассолов, частичного и полного плавления, растворения, метасоматоза, ореолов рассеяния многих химических элементов в интракрустальных и супракрустальных условиях, выветривания, механической и карбонатной седиментации, вулканического процесса и некоторые другие, относящиеся к кристаллографии, минералогии, геохимии, петрологии и литологии. Требованию фактической истинности перечисленные теории удовлетворяют в разной мере и не всегда полностью.

Теории в собственно геологических науках еще меньше отвечают даже сниженным требованиям определения. Они наиболее уязвимы по признакам истинности, полноты, непротиворечивости и доказуемости. Это заставляет ставить вопрос об обязательности этих требований и прежде всего требования фактической истинности».

Аналогичная неутешительная картина с разработкой теорий наблюдается и в инженерной геологии. Мы не найдем в инженерной геологии такой теории, которая отвечала бы абсолютно всем вышеуказанным требованиям (или «способностям»). Да и количество самих теорий или построений, претендующих на название теории, в инженерной геологии к сожалению не велико.

Между тем любая наука или её отдельные разделы в содержательном плане образуется как раз из теорий. Теория выступает как форма синтетического знания, в границах которой отдельные понятия, гипотезы и законы теряют прежнюю автономность и становятся элементами целостной системы знания. Именно целостность, системность знания является основным отличительным признаком научной теории.

В гипотезах и теориях отражается важнейшая функция науки — объяснительная, а частично и описательная (описательная функция отражается главным образом в научных фактах при их систематизации). Однако, если гипотеза дает возможное, гипотетическое объяснение фактам (явлениям, процессам и т.п.), то теория излагает научно доказанное объяснение на основе открытых и сформулированных научных законов, закономерностей, законов логики или общефилософских законов.

Объяснение в рамках научной теории может быть нескольких типов (Шарапов, 1989): 1) причинное; 2) прагматическое; 3) операционное; 4) логическое и 5) структурное. Причинное объяснение выявляет причинно-следственные связи между изучаемыми явлениями, процессами, фактами и т.п. и является самым распространенным способом объяснений в геологии и инженерной геологии. Выявление причинно-следственных связей в геологии реализуется, в частности, в генетическом подходе к изучаемым явлениям и процессам – одном из самых распространенных принципов исследований. Прагматическое объяснение заключается в указании способов использования или даже управления объясняемой вещью. Операционное объяснение состоит в том, что если мы назовем операции, с помощью которых можно, хотя бы мысленно, построить вещь или ее понятийную модель, то это значит, что мы объяснили эту вещь. Логическое объяснение заключается в том, чтобы из каких-то оснований логически вывести понятие исследуемой вещи. В принципе, это самый строгий способ объяснений, гарантирующий ученого от ошибок. Однако исследователи, к сожалению, мало пользуются логическим объяснением, предпочитая руководствоваться так называемым «здравым смыслом». Но именно это часто и приводит исследователя к логическим ошибкам. И, наконец, структурное объяснение предусматривает характеристику предмета, каким он есть в данный момент, т.е. выяснение его состава и структуры (строения), а также механизма действия. Структурное объяснение также широко распространено в геологии вообще и в инженерной геологии, в частности. Какому из этих типов объяснений отдавать предпочтение в научной теории решает сам ученый исходя из особенностей изучаемого предмета.

Что же нужно для создания научной теории? Для создания теории, по мнению И.П.Шарапова (1989), необходимо: 1) сформулировать проблему, для решения которой теория создается; 2) собрать факты; 3) изучить литературу; 4) выдвинуть гипотезу, которая после проверки могла бы превратиться в теорию; 5) найти законы, на основании которых можно было бы объяснить загадочные феномены; 6) сформулировать новую проблему как перспективу дальнейшего развития науки. Это краткая схема построения теории или решения поставленной проблемы, которой должен придерживаться исследователь.

Не все ученые-геологи отводят значительную роль теориям в геологических науках. Так, например, В.Т.Фролов (2004) рассматривает теории лишь как средства, в частности он пишет: «В геоисторических науках основными ориентирами и результатами являются факты и эмпирические обобщения, а гипотезы и теории лишь средства. Пока ни одна из гипотез и теорий не объясняет все твердо установленные факты и эмпирические обобщения. Сложность состава и строения Земли и исторический характер геологии практически исключают возможность выработки какой-то обобщающей теории, и геологи должны ориентироваться на разработку многих эмпирических обобщений, а в вещественных геонауках — и на открытие и формулирование научных законов и теорий».

Более того, вслед за В.И.Вернадским, отмечавшим, что «в основе естествознания лежат только научные эмпирические факты и научные эмпирические обобщения» и показавшим, что научные гипотезы имеют всегда временное существование и менее достоверны, чем эмпирические обобщения, и что в процессе научного познания наибольшее значение имеют не научные гипотезы, а эмпирические обобщения, Д.Р.Найдин и В.Т.Фролов (2004) встают на эту же точку зрения. Для них наиболее важны не теории, а «учения» в виде теоретических обобщений.

6.3. О роли законов и теорий в современной инженерной геологии

Если рассматривать существующие в настоящее время в инженерной геологии научные законы и теории, то их число окажется весьма не велико. При этом значительная часть «теорий» называется таковыми лишь их авторами, тогда как при строгом рассмотрении они научными теориями не являются, поскольку не соответствуют вышеуказанным требованиям (см. выше).

На этапах своей предыстории, при возникновении и в начальный период становления инженерная геология опиралась на известные общие законы геологии, прикладной отраслью которой она считалась долгое время, а также на законы смежных естественных и технических наук (Дудлер, 1999).

Быстро прогрессировавшее в XX веке развитие инженерной геологии позволило в сравнительно короткие сроки накопить достаточно глубокие практические и теоретические звания об объекте и предмете исследований инженерной геологии, что создавало условия для выявления ее, собственных законов как самостоятельной науки, но этой задаче в то время не было уделено должного внимания среди ученых.

Только в конце 1960-х – начале 1980-х годов инженер-геологами были опубликованы работы, в которых впервые начали формулироваться законы инженерной геологии. Это были работы Е.М.Сергеева (1968), И.В.Попова (1973), В.Д. Ломтадзе (1978), Г.К. Бондарика (1981) и др. Е.М.Сергеев (1968) неоднократно возвращался к формулировке основного методологического принципа грунтоведения, в качестве которого он правомерно рассматривал основной закон грунтоведения. Г.К.Бондариком (1981) были сформулированы основные законы грунтоведения (закон В.А.Приклонского), инженерной геодинамики, региональной инженерной геологии (закон И.В.Попова) и основной закон инженерной геологии.

Позднее, появились единичные работы, в которых предлагались новые формулировки законов. Их авторами были А.А.Каган (1984), Н.Л.Щешеня (1986), А.Л.Рагозин (1997), И.В.Дудлер (1999) и др., однако этот важный вопрос не получил достаточно широкого обсуждения среди инженер-геологов. Н.Л. Шешеня сделал попытку сформулировать целый ряд собственных законов грунтоведения (1991, 1999). Тем не менее, вплоть до настоящего времени не было общепризнанных формулировок законов инженерной геологии и они не нашли, практически, широкого отражения в учебной литературе.

Обширный анализ состояния формулировок научных законов в инженерной геологии и состояния теоретических исследований в инженерной геологии был проведен на научной конференции «Теоретические проблемы инженерной геологии», прошедшей в МГУ в 1999 г. За более чем десять лет, прошедших после этой конференции, арсенал законов инженерной геологии несколько расширился и пополнился новыми формулировками, рассматриваемыми ниже.

Следует подчеркнуть, что знание законов инженерной геологии необходимы не только дня развития теории, но и для выработки обоснованной методологии решения ее прикладных, практических задач, потребность в которых и явилась в свое время основанием для создания этой науки (Дудлер, 1999).

Основные законы инженерной геологии, грунтоведения, региональной инженерной геологии относятся, по классификации И.П.Шарапова (1989), к классу законов типа Т-П, связывающих особенности геологического тела и процессы, его создавшие и преобразующие. Основной закон инженерной геодинамики (см. гл.4) относится к классу $П_1$-$П_2$, который описывает связь двух (или двух групп) процессов. В инженерной геологии существуют также собственные, законы типа $Т_1$-$Т_2$ и П-Т; их поиск и формулировка – важная теоретическая задача (Трофимов, 1999).

По мнению И.В.Дудлера (1999) в настоящее время уже представляется правомерным говорить о системе законов инженерной геологии: собственных и привлеченных из других наук, общих для инженерной геологии в целом и для выделенных в ней научных направлений, а также частных – для отдельных аспектов научных направлений. При этом принципиальное значение имеет выработка строгих и, вместе с тем, четких формулировок законов, понятных не только инженерам-геологам (теоретикам и практикам), но и потребителям инженерно-геологической информации, без чего не может быть достигнуто взаимопонимание и взаимодействие специалистов смежных профессий, призванных реализовывать базовое положение науки о рациональном использовании и охране геологической среды.

Все виды инженерно-геологических изысканий и исследований направлены на выявление особенностей инженерно-геологических условий (ИГУ), строительного освоения территорий и многопланового использования геологической среды. При этом важнейшее значение имеет многофакторность ИГУ, которые всегда являются адресными, то есть оцениваемыми применительно к конкретному техническому объекту с присущими только ему особенностями. Это положение также должно найти отражение в законах инженерной геологии и вытекающих из них следствиях (Дудлер, 1999).

Наконец, как подчеркивал И.В.Дудлер (1999), особое значение имеет инженерный аспект законов и следствий, что предопределено самим названием науки «Инженерная геология». Эти аспекты могут отражаться на разных уровнях обобщений, прямо или косвенно, в виде текстовых определений или формул, но они должны присутствовать во всех формулировках, учитывая инженерную направленность проводимых исследований. В этой же связи следует заметить, что инженерный аспект рассматриваемых законов является той базой, на которой должны совершенствоваться нормативные документы по

инженерным изысканиям, проектированию сооружений, производству земляных работ, а также ведению инженерно-геологического мониторинга осваиваемых и освоенных территорий.

Законы инженерной геологии должны быть включены в новые учебники и учебные пособия по инженерной геологии, экологической геологии, геоэкологии и ряду смежных учебных дисциплин, что крайне важно не только для приобретения будущими специалистами этих знаний, но и для формирования у них профессионального мировоззрения и мышления (Дудлер, 1999).

6.4. Номологическая база инженерной геологии

Какие же целостные учения в виде совокупности умозаключений, отражающих объективно существующие отношения и связи между явлениями объективной реальности мы можем рассматривать в качестве научных теорий инженерной геологии?

6.4.1. Общие законы инженерной геологии

Общие специальные (специфические) законы инженерной геологии действуют только в инженерной геологии, они являются собственно инженерно-геологическими законами и отражают общий современный теоретический уровень её развития, являются её теоретическим базисом. Эти законы в основном имеют вербальную формулировку. Приведем их характеристику.

Основной закон инженерной геологии. Впервые формулировка основного закона инженерной геологии в 1981 г. была дана Г.К.Бондариком в следующем виде: «Современное состояние геологической среды и ее движение в физическом времени обусловлены тектонической и палеогеографическими обстановками, современными физико-географическими условиями и хозяйственной деятельностью человека».

Позже Г.К.Бондарик привел несколько иную формулировку основного закона инженерной геологии: «Современное состояние литосферы и её движение в физическом времени обусловлены тектонической и палеогеографической обстановками, современными физико-географическими процессами и процессами хозяйственной деятельности человека» (Бондарик, Ярг, 2015).

Как видно, здесь в отличие от первого определения «геологическая среда» заменена на «литосферу», а «физико-географические условия» заменены на «физико-географические процессы»; при этом не ясно где же геологические процессы и что такое «физико-географические процесс»?

С точки зрения В.Т.Трофимова (1999) в первом определении есть вопросы: а) использование понятия «геологическая среда», содержание которой принципиально по-разному определяется разными авторами; б) не ясно, как современное движение ее в физическом времени определяется палеографическими обстановками; в) современные инженерно-геологические условия во многом определяются климатом, что явно не следует из определения; г) не подчеркивается, что влияние хозяйственной деятельности как фактора формирования (точнее преобразования) инженерно-геологических условий проявляется, главным образом, на освоенных территориях, в районах осуществленной инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Е.М.Пашкин основным законом инженерной геологии называет закон соответствия, приводимый им в следующей формулировке.

Закон соответствия – «инженерно-геологическая среда возникает в результате взаимодействия геологических, гидрогеологических, геокриологических, геоморфологических, геоботанических и биогенных компонентов природной среды и внешнего воздействия. При этом каждое внешнее воздействие формирует определённую геологическую среду» (Пашкин и др., 2011, с. 224).

С такой формулировкой нельзя согласиться по ряду причин. Во-первых, здесь используется не раскрытое понятие «инженерно-геологическая среда». Во-вторых, этот закон свидетельствует не о соответствии, а о генезисе, формировании «инженерно-геологической среды».

И.В.Дудлер основной закон инженерной геологии называет (1999) законом обусловленности особенностей геологической среды и приводит его в такой формулировке: «состав, строение и свойства геологической среды, как элемента создаваемых природно-технических систем «геологическая среда-сооружения», обусловлены естественно-историческими процессами ее формирования и эволюции в масштабе геологического времени, а также последующими изменениями под влиянием техногенных воздействий, развивающимися в масштабе физического времени, сопоставимого с длительностью жизненного цикла строительных объектов».

Следствиями, вытекающими из этого закона, по мнению И.В.Дудлера (1999) являются два положения:

Следствие 1. При изучении геологической среды и оценке инженерно-геологических условий строительства конкретного объекта необходимы анализ истории геологического развития осваиваемой территории и составление разносрочных прогнозов возможных изменений геологической среды на всех этапах жизненного цикла этого объекта.

Следствие 2. Пространственная неоднородность и многокомпонентность геологической среды (с квазистатичностью и динамичностью разных компонент), ее различная устойчивость к разнообразным техногенным воздействиям, а также многофакторность инженерно-геологических условий строительства требуют их дифференцированной и комплексной оценки с выделением приоритетных факторов для каждой природно-технической системы «геологическая среда-сооружения».

Близкую формулировку закона обусловленности особенностей геологической среды приводит Е.М.Пашкин с сотр. (2011), называя его законом унаследованности (актуализма).

Закон унаследованности (актуализма) – «поведение инженерно-геологической среды при данном внешнем воздействии полностью определяется историей её развития» (Пашкин и др., 2011, с. 224). Здесь, очевидно, речь должна идти о «геологической среде», т.к. термин «инженерно-геологическая среда» не обоснован.

Данный закон вытекает из историко-геологического метода исследований, широко используемого в геологии вообще и в инженерной геологии, в частности. Суть этого метода состоит в построении и анализе так называемой историко-геологической (эпейрогенической) кривой, на которой по оси абсцисс откладывается геологическое время, а по оси ординат – глубина морского бассейна и высота суши (над уровнем моря), с нанесением на график кривой нагрузок на данный слой грунта с учетом мощности пород и их плотности. Такой анализ в инженерной геологии одним из первых применил Ф.П.Саваренский (1937) при изучении инженерно-геологических особенностей майкопских глин (рис. 6.2).

С учетом вышеотмеченных положений формулировку основного закона инженерной геология В.Т.Трофимов (1999, с. 31) представил так: «современные инженерно-геологические особенности любого объекта верхних горизонтов литосферы и их изменение определяются[1] историей его (объекта) геологического развития, современными структурно-тектоническим положением и климатическими[2] условиями, а на освоенных территориях – и характером техногенных воздействий».

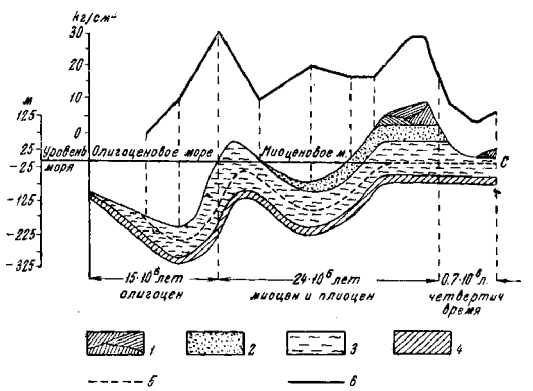


Рис.6.2. Историко-геологический анализ майкопских глин в районе канало «Волга-Дон» (Саваренский, 1937): 1 – егренинские пески (плиоцен); 2 – онкофоровые пески (миоцен); 3 – майкопские глины (миоцен); 4 – киевские слои (эоцен); 5 – майкопские глины на уровне современного нуля; 6 – кривая нагрузок, приходящаяся на нулевую поверхность майкопских глин

[1] Вероятно, вместо слова «определяются» здесь и далее возможно употребление словосочетания «есть функция».

[2] Наиболее важными их параметрами, с инженерно-геологических позиций, являются характер тепло- и влагообеспеченности территорий и их соотношение между собой.

Однако более общей, с точки зрения В.Т.Трофимова (1999, с.32) является такая формулировка этого закона: «*инженерно-геологические особенности любого объекта верхних горизонтов литосферы и их изменение определяются историей его геологического развития, современным пространственным (координатным) положением, контролирующим тектонический режим и климатические условия, а на освоенных территориях – и характером техногенных воздействий*».

В принципе этот закон можно для профессиональных инженер-геологов сформулировать более коротко, поставив точку после слов «современным пространственным (координатным) положением», поскольку каждый из нас знает, что именно эта позиция определяет современный тектонический режим, тепло- и влагообеспеченность объекта и характер техногенных воздействий. Однако, учитывая, что этот закон может интересовать и специалистов другого профиля, необходимо принять приведенную полную его формулировку (Трофимов, 1999).

Закон развития инженерной геологии – инженерная геология, как наука геологического цикла, возникла благодаря увеличивающимся и усложняющимся со временем запросам строительства инженерных сооружений и развивается под влиянием расширяющихся потребностей человека в хозяйственном освоении геологической среды и необходимости управления ею (формулировка авторов).

Данный закон отражает генетические особенности инженерной геологии как самостоятельной науки, раскрывает причины её происхождения и показывает дальнейший путь её развития во времени.

Следствиями этого закона являются несколько положений:

Следствие 1. Инженерная геология развивается и будет развиваться в связи с усложнением задач при хозяйственном освоении человеком геологической среды. По мере роста производства, сокращения площадей с благоприятными инженерно-геологическими условиями и усложнения типов самих инженерных сооружений перед инженерной геологией ставятся все более сложные теоретические, методические и практические задачи. В этой связи её теоретико-методологическая база будет также усложняться.

Следствие 2. Инженерная геология развивается и будет развиваться не только в связи с запросами строительства, но и в связи с возрастающими запросами управления геологической средой и её компонентами – грунтами, подземными водами, геологическими и инженерно-геологическими процессами, мерзлотными условиями и др. При этом «управление геологической средой» понимается нами в самом широком смысле как научно обоснованная деятельность человека с целью придания геологической среде (или её компонентам – грунтам, подземным водам и т.п.) требуемых качеств, включая ликвидацию опасных геологических процессов.

Еще в 1971 г. Е.М.Сергеев высказал идею о том, что «инженерная геология должна быть наукой о ноосфере. Это значит, что первоочередной задачей

инженерной геологии является изучение динамики земной коры под влиянием инженерной деятельности человека» (Сергеев, 1971, с. 120). И далее он предложил заменить понятие «инженерная деятельность человека» более широким термином – «хозяйственная деятельность человека», как более полно отражающим расширяющиеся аспекты воздействия человека на геологическую среду. В этих высказываниях Е.М.Сергеевым подчеркивается основная мысль – с течением времени масштабы воздействия человека на верхние горизонты земной коры или литосферы будут только возрастать и расширяться в содержательном плане в связи с усложнением хозяйственной деятельности в целом. А говоря об инженерной геологии как науке о ноосфере, он имел в виду возможности этой науки в преобразовании компонентов геологической среды в нужном для человека направлении, т.е. в управлении геологической средой.

Об изучении геологических последствий любой деятельности человека, как одной из задач инженерной геологии, говорил и Л.Б.Розовский (1971, с. 110).

Закон адаптации геологической среды – геологическая среда в ходе своей эволюции адаптируется к внешним воздействиям и протекающим в ней геологическим процессам, приобретая квазиравновесное состояние, которое под влиянием каждых последующих, особенно экстремальных; техногенных процессов нарушается и требует нового адаптационного периода в формирующемся геотехногенном режиме (Дудлер, 1999).

Следствия, вытекающие из этого закона (Дудлер, 1999):

Следствие 1. При создании и реконструкции строительных объектов (отдельных сооружений, их комплексов и застроенных территорий в целом) необходимы учет устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям и прогноз длительности адаптационного периода с целью управления инженерно-геологическими процессами и обоснования инженерной защиты от их негативного проявления.

Следствие 2 Информативность материалов инженерно-геологических изысканий должна быть адекватна особенностям создаваемой природно-технической системы «геологическая среда – сооружение».

Закон геологического соответствия – общее положение, закон инженерной геологии: использовать территории, строить сооружения и производить инженерные работы необходимо в соответствии с существующими геологическими условиями – организацией геологического пространства (Ломтадзе, 1999).

Такую же дословно формулировку закона соответствия привёл Г.К.Бондарик (2013, с.48)[1].

Закон детальности изучения геологической среды – общее положение, закон инженерной геологии: при проектировании сооружений и использовании геологической среды инженерные изыскания должны обеспечивать выбор оптимальных инженерных решений при проектировании и гарантировать строительство и выполнение инженерных работ от всяких геологических неожиданностей (принцип надежности) (Ломтадзе, 1999).

Такую же дословно формулировку закона о детальности изучения геологической среды привёл Г.К.Бондарик (2013, с.48).

Закон воздействия на геологическую среду – одинаковые воздействия на разные по инженерно-геологическим условиям участки геологической среды могут иметь и разные последствия (формулировка авторов).

Впервые об этом законе, называя его «утверждением» для природно-территориальных комплексов, писали С.А.Акинфиев и И.С.Комаров в 1979 г., отмечая, что: «Природная система в пространственном отношении неоднородна и распадается на региональные подсистемы — природно-территориальные комплексы разного ранга, каждый из которых характеризуется своим вещественно-энергетическим балансом, своей организацией. Одинаковые воздействия на разные комплексы могут иметь и разные последствия. Это утверждение не требует особых доказательств, достаточно сравнить между собой такие природно-территориальные комплексы, как ландшафты северо-востока европейской части СССР, сформировавшиеся на многолетнемерзлых породах, и засушливые степи южной Украины или Предкавказья, сформировавшиеся на толщах лессовых отложений» (Акинфиев, Комаров, 1979).

Нам представляется, что данное положение имеет ранг общей закономерности или даже закона.

Закон учета развития геологических процессов и явлений – общее положение, закон инженерной геологии: инженерная деятельность человека должна основываться на знании и учете законов и закономерностей развития геологических процессов и явлений (Ломтадзе, 1999).

Такую же дословно формулировку закона о необходимости учета развития геологических процессов привёл Г.К.Бондарик (2013, с.48)[2].

Таким образом, номологическая база современной инженерной геологии представлена общим законом инженерной геологии и рядом дополнительных законов, имеющих также общий характер и относящихся, главным образом, к особенностям геологической среды.

[1] Бондарик Г.К. Научные основы решения проблем управления окружающей средой на базе положений геокибернетики. // К 80-летию кафедры инженерной геологии: Сб. трудов / Под ред. В.В.Пендина. – Сергиев Посад: Патриарший изд. полиграфич. центр, 2013, с. 48-55

[2] Бондарик Г.К. Научные основы решения проблем управления окружающей средой на базе положений геокибернетики. // К 80-летию кафедры инженерной геологии: Сб. трудов / Под ред. В.В.Пендина. – Сергиев Посад: Патриарший изд. полиграфич. центр, 2013, с. 48-55

6.4.2. Приложение общих законов в инженерной геологии

Приложение общих законов в инженерной геологии и отдельных её разделах разработано более широко. Эти законы не являются в строгом смысле собственно инженерно-геологическими законами, но без них не возможно развитие этой науки. Эти законы в основном также имеют вербальную формулировку. Ниже в соответствующих разделах (см. главы 3, 4 и 5) рассматривается более подробно приложение общих законов в грунтоведении, инженерной геодинамике и региональной инженерной геологии. Здесь же приводится приложение общих законов к инженерной геологии в целом.

Закон изменений геологической среды – общее положение, закон инженерной геологии: количественные изменения в геологической среде, происходящие под влиянием геологических процессов и явлений, приводят к коренным качественным ее изменениям, разрушениям, загрязнению и т.д. (Ломтадзе, 1999).

В такой формулировке закон является приложением для целей инженерной геологии всеобщего философского закона перехода количественных изменений в качественные.

6.4.3. Общая теория инженерной геологии

В заключение обсудим ещё один важный вопрос, который затрагивался выше в главах 1 и 2 – проблему разработки общей теории инженерной геологии. При этом под общей теорией инженерной геологии мы понимаем систему логически истинных идей, закономерностей и номологических высказываний (законов), объединяющая все научные направления инженерной геологии и имеющая описательную, объяснительную, эвристическую, экстраполяционную и прагматическую способность. Еще раз обратим внимание, что общая теория – не набор или собрание установленных закономерностей или теорий, а именно система, т.е. совокупность идей, законов и теорий, обладающая системными признаками.

Впервые к ее разработке внимание исследователей было привлечено Е.М.Сергеевым в 1971 г., когда им был организован в Москве 1-й Международный конгресс по инженерной геологии. В рамках обсуждения проблем на этом форуме многими инженер-геологами поднимался вопрос о разработке теоретических проблем инженерной и создании её общей теории (Бондарик, 1971; Горькова, 1971; Золотарев, 1971; Коломенский, 1971; Котлов, 1971; Кудрявцев, 1971; Ларионов, 1971; Ломтадзе, 1971; Маслов, 1971; Панюков, 1971; Попов, 1971; Сергеев, 1971; Тер-Степанян, 1971; Чуринов, 1971).

Однако первая попытка создания такой общей теории была предпринята Г.К.Бондариком только в 1981 г. и опубликована в виде монографии (Бондарик, 1981). В ней был систематизирован большой методологический материал инженерной геологии, включая ее категориальный базис, логическую структуру и научный метод, структура и теории основных научных направлений, классификации их объектов и др. Книга сыграла большое значение в становлении теоретической инженерной геологии.

Затем в 1985-1986 гг. под редакцией Е.М.Сергеева вышла 4-томная монография «Теоретические основы инженерной геологии», в которой были изложены геологические, физико-химические, механико-математические и социально-экономические основы инженерной геологии, уточнена ее структура, предмет и объект исследования. Однако авторы отдавали себе отчет в том, что в монографии речь идет не о законченной теории, а лишь о её основах.

В последующий период продолжалась работа по теоретическому обобщению инженерно-геологической информации на основе новых накопленных данных.

В Московском университете, начиная с 1998 г., кафедрой инженерной и экологической геологии был проведен ряд Международных научных конференций, многие из которых были посвящены теоретическим аспектам инженерной геологии, в том числе конференции: «Генезис и модели формирования свойств грунтов» (май 1998 г.); «Теоретические проблемы инженерной геологии» (25-26 мая 1999 г.); «Новые типы инженерно-геологических и эколого-геологических карт» (май 2001 г.); «Петрогенетические, историко-геологические и пространственные вопросы в инженерной геологии» (28-29 мая 2002 г.); «Многообразие грунтов: морфология, причины, следствия» (27-28 мая 2003 г.); «Инженерная геология массивов лёссовых пород» (25-26 мая 2004 г.); "Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики" (2-3 февраля 2006 г.); «Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем» (24-25 мая 2007 г.).

В частности на конференции «Теоретические проблемы инженерной геологии» (1999) обсуждались наиболее сложные и наименее разработанные на тот период теоретические и методологические проблемы инженерной геологии. При этом отмечалось, что многими инженер-геологами делается упор на разработку различных прикладных вопросов инженерной геологии, тогда как развитие инженерной геологии, как самостоятельной науки геологического цикла, не может осуществляться без ее теоретического базиса и разработки методологии. Конференция подвела своеобразный итог накопленному теоретико-методологическому базису инженерной геологии и обозначила нерешенные актуальные теоретические проблемы науки.

В 2002 г. вышла в свет монография Г.К.Бондарика «Теория геологического поля», в которой излагалась общегеологическая, т.е. более общая, чем инженерно-геологическая, теория. Сам автор её рассматривал в качестве основы общей теории геологии – философских и методологических основ геологии (рис. 6.2).

В 2003 г. В.Т.Трофимовым издаются две монографии теоретического характера в рамках грунто-

ведения: «Теоретические аспекты грунтоведения» и «Теория формирования просадочности лёссовых пород».

В 2007 г. В.Т.Трофимовым и Т.И.Аверкиной была опубликована монография «Теоретические основы региональной инженерной геологии», в которой впервые был обобщен обширный теоретический материал по региональной инженерной геологии. Книга оказала большое влияние на развитие этого направления инженерной геологии.

В 2015 г. Г.К.Бондариком и Л.А.Ярг была опубликована монография «Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии», в которой была сделана попытка создания общей теории геологии, а также изложена структура общей теории инженерной геологии и охарактеризована теория природно-технических систем и управления ими (геокибернетики).

Важную роль в создании общей теории инженерной геологии играет теория пространственно-временной изменчивости свойств литосферы, основные положения которой, аксиомы и следствия были сформулированы Г.К.Бондариком (1986). На эту теорию опирается концепция (или вспомогательная теория) поля геологического параметра (Бондарик, 1981, 1986, 2015). Основные положения этой теории сводятся к следующим позициям.

1. Литосфера представляет собой продукт функционирования природной динамической системы, проявляющегося во взаимодействии её компонентов, обусловленном их физическими полями.
2. Поля геологических параметров, их структура и характеристики наследуют и отражают черты поля геологического процесса.

Место теории геологического поля в системе философско-геологических наук показано на рис.6.3.

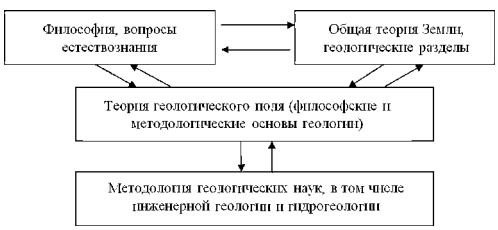


Рис. 6.3. Место теории геологического поля в системе философско-геологических наук (Бондарик, Ярг, 2015)

В математической форме поле геологического параметра можно записать в виде (Бондарик, 1986):

$$R(\vec{\xi},t) = M[R(\vec{\xi},t)] + \Delta R(\vec{\xi},t),$$

где R – геологический параметр; $\vec{\xi}$ – вектор координат пространства (ξ_1, ξ_2, ξ_3); t – время; $M[R(\vec{\xi},t)]$ – неслучайная компонента поля, его математическое ожидание; $\Delta R(\vec{\xi},t)$ – случайная компонента поля. Поле геологического параметра может быть однородным или неоднородным, а режимы изменчивости геологических параметров – стационарными или нестационарными. Математические критерии их выделения охарактеризованы Г.К.Бондариком (1971).

Таким образом, по нашему мнению к настоящему времени создались все предпосылки для оформления общей теории инженерной геологии.

Как нам представляется, для плодотворной и наиболее эффективной разработки и оформления такой теории необходимо верно сформулировать стратегию (методологию) её формирования. Учитывая выше изложенное, в основу схемы разработки общей теории инженерной геологии должна быть положена стратегия, отталкивающаяся от сформировавшейся структуры современной инженерной геологии и её понятийно-категориальной базы. Последняя, как было показано выше, требует своей доработки по многим вопросам. Далее разработка общей теории должна учитывать проблематику основных научных направлений инженерной геологии и их наиболее общие задачи, а затем переходить к гипотезам, закономерностям, номологическим высказываниям – законам и теориям этих направлений.

Объединение последних в единую систему как раз и дает возможность создать общую теорию инженерной геологии. Эта схема показана на рис. 6.4.

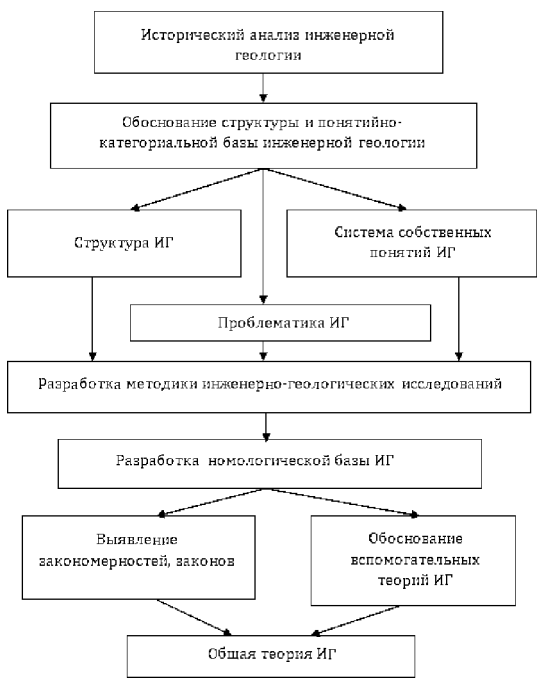


Рис. 6.4. Схема формирования и разработки общей теории инженерной геологии

Таким образом, опираясь на эту схему, можно целенаправленно осуществлять работу по формированию общей теории инженерной геологии. Кроме того, конкретизация этой схемы позволит увидеть «белые пятна» в номологической базе инженерной геологии, обнаружить не разработанные или не завершенные

закономерности, законы, частные теории в тех или иных научных направлениях инженерной геологии.

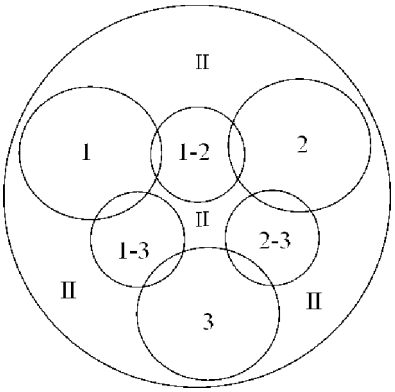


Рис.6.5. Отношение общей теории инженерной геологии (II), основных теорий ее научных направлений и частных теорий (Бондарик, Ярг, 2015): 1 – основная теория региональной инженерной геологии; 2 – основная теория грунтоведения; 3 – оснвная теория экзогеодинамики; 1-2 – теория пространственной изменчивости физико-механических свойств грунтов; 1-3 – теория формирования областей с неустойчивой структурой; 2-3 – теория изменчивости структур, текстур и свойств горных пород и грунтов в физическом времени

Каково же современное состояние исследований в инженерной геологии по созданию её общей теории? Согласно Г.К.Бондарику можно выделить несколько основных теорий во всех трёх научных направлениях инженерной геологии: 1) в грунтоведении – «теория формирования состава, структуры, текстуры и свойств горных пород и грунтов в процессе лито-, петро- и аквагенеза», а также «теория пространственной изменчивости геологических параметров (региональное грунтоведение)»; 2) в инженерной геодинамике – «общая теория экзогенных геологических процессов»; 3) в региональной инженерной геологии – «теория формирования и пространственной изменчивости структуры и свойств литосферы – компонентов инженерно-геологических условий» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 23-24).

Совокупность этих теорий, согласно Г.К.Бондарику и должна составлять общую теорию инженерной геологии, они находятся в логических отношениях включения в общую теорию инженерной геологии (II) и в отношениях пересечения между собой (рис. 6.5).

По нашему мнению, общая теории инженерной геологии имеет несколько иную структуру, чем у Г.К.Бондарика, показанную на рис.6.5. Логическая структура общей теории инженерной геологии представлена нами на рис. 6.6.

Согласно этой схемы (см. рис.6.6), общая теория инженерной геологии (1 – вся площадь круга) включает в себя: три теории основных научных направлений инженерной геологии – теории грунтоведения (2), инженерной геодинамики (3) и региональной инженерной геологии (4); три теории смежных научных направлений – теории динамического грунтоведения (5), региональной геодинамики (6) и регионального грунтоведения (7); а также теорию управления природно-техническими системами (ПТС) или теорию геокибернетики (8). При этом все они находятся в логических отношениях включения в общую теорию (1), а между собой – в логических отношениях пересечения. Остающаяся область (1а) между основными (2-4) и вспомогательными (5-8) теориями относится к системообразующей (объединительной) части общей теории (1). Теории 2,3 и 4 (см. рис.6.6) играют основную роль в общей теории (1), а теории 5,6 и 7 – вспомогательную роль. Главным отличием от схемы Г.К.Бондарика мы считаем то, что в общей теории инженерной геологии важнейшую (и все возрастающую со временем) и отчасти объединяющую роль играет создающаяся теория управления природно-техническими системами (ПТС), включая управление ЛТС (или теория геокибернетики по Г.К.Бондарику) – область 8 на рис.6.6.

Главная особенность представленной структуры общей теории инженерной геологии – системность, которая обеспечивается единой категориальной базой и логическими отношениями составляющих ее элементов.

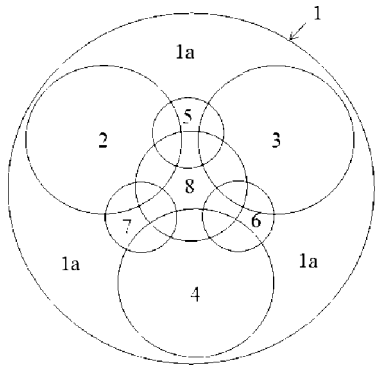


Рис. 6.6. Структура общей теории инженерной геологии: 1 – общая теория инженерной геологии; 2 – теория общего грунтоведения; 3 – теория инженерной геодинамики; 4 – теория региональной инженерной геологии; 5 – теория динамического грунтоведения; 6 – теория региональной геодинамики; 7 – теория регионального грунтоведения; 8 – теория управления ПТС (теория геокибернетики)

Все перечисленные здесь теории, составляющие общую теорию инженерной геологии, логически включают в себя и опираются на общие законы инженерной геологии, рассмотренные выше. Кроме того, каждая из них имеет собственную номологическую базу (закономерности, законы) и вспомогательные теории, характеристика которых дается ниже в последующих главах.

При этом подчеркнём, что общая теория инженерной геологии – система (логическая совокупность) собственной понятийной базы, закономерностей и законов, основных и вспомогательных теорий, представляющая единое учение инженерной геологии, обладающее описательной, объяснительной, эвристической и предсказательной (прогнозной) функциями.

Аналогично тому, как общие законы включают в себя частные законы и закономерности (см. рис. 6.1), так и общая теория логически включает в себя теории меньшего ранга – основные теории, а эти последние, в свою очередь, включают в себя вспомогательные теории. При этом включение одних теорий в состав других предусматривается не просто как «механическое», а как логическое. Основная теория является системообразующей для теорий меньшего ранга – основных, а основные теории, в свою очередь, играют системообразующую роль для теорий еще меньшего ранга – вспомогательных, как показано на рис. 6.7 в виде логической пирамиды понятий.

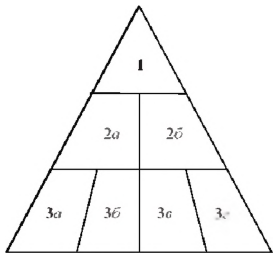


Рис.6.7. Логическое соотношение общей и других теорий инженерной геологии по их объему и содержанию: 1 – общая теория; 2 – основные теории а и б; 3 – вспомогательные теории а,б,в и г

Таким образом, общая теория (1) инженерной геологии (см. рис.6.7), оперируя понятиями наибольшего объема и наиболее общими инженерно-геологическими и иными законами, опирается на основные теории (2), количестве которых может быть больше двух. Те, в свою очередь, опираются на понятия и законы меньшего объема, но большего содержания, а также на вспомогательные теории (3), количество которых в каждой из основных теорий также может быть больше двух. В состав вспомогательных теорий входят, соответственно, законы и закономерности меньшего объема, но большего содержания.

В целом же рассматриваемая структура общей теории инженерной геологии представляет собой единую логично построенную систему, характеризуемую в последующих главах.

Глава 7.
НОМОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ГРУНТОВЕДЕНИЯ

7.1. Методологические законы грунтоведения

Основной закон грунтоведения. Впервые вопрос об основном методологическом принципе изучения грунтов был поднят Е.М.Сергеевым в 1952 г. В частности, анализируя состояние грунтоведения в середине XX века и проблему изучения грунтов, он писал: «В основе этого изучения должен лежать основной принцип советского грунтоведения – принцип, намеченный уже в работах гениального русского ученого М.В.Ломоносова: свойства грунтов зависят от их генезиса» (Сергеев, 1952, с. 17). Как таковой этот принцип в работах М.В.Ломоносова не был сформулирован, однако он одним из первых рассматривал приобретение тем или иным грунтом определенных его свойств и качеств как следствие истории его образования или генезиса.

Основной закон грунтоведения, который Г.К. Бондарик сформулировал еще в 1968 г. (в виде аксиомы теории изменчивости) и предложил назвать законом В.А.Приклонского, звучит так: «...состав и структура горной породы и физико-механические свойства грунта являются продуктом равнодействующей физических полей, обусловивших ее генезис и последующий литогенез» (Бондарик, 1981, с.45). Следовало бы добавить и химические, геохимические поля, влияющие на формирование состава, структуры и свойств грунтов. Позже он несколько изменил формулировку этого закона: «Состав и структура горной породы, физико-механические свойства грунта есть продукт поля равнодействующей физических полей в области петро-, литогенеза» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 24).

На наш взгляд и в последней формулировке этого закона содержатся вопросы и несоответствия. Почему в законе сначала говорится о горной породе, а потом о грунте? Почему упоминаются лишь физико-механические свойства грунтов и не упоминаются другие (физические, физико-химические и т.д.)? Как понять словосочетание «продукт поля физических полей»? Или это опечатка?

Детальная характеристика петрогенетической обусловленности инженерно-геологических особенностей горных пород была дана Е.М.Сергеевым (1968; Теор. основы..., Геол. основы..., 1985). Е.М.Сергеев более пространно и менее четко формулировал подобный принцип: «Основным положением советского грунтоведения служит тезис о том, что свойства грунтов зависят от их состава, структуры и текстуры... Так как качество грунта, т.е. его состав, структура и текстура, создается в процессе генезиса породы и дальнейшей ее геологической «жизни», то можно основной тезис советского грунтоведения сформулировать так: свойства, грунтов зависят от их генезиса – понимая под генезисом не только процесс осадконакопления и превращения осадка в породу, но и совокупность всех дальнейших воздействий (эпигенетических, метаморфических, гипергенетических и др.) на эту породу. Поэтому советское грунтоведение часто называют генетическим грунтоведением. В этом его принципиальная методологическая особенность по сравнению с геотехнической наукой» (Сергеев, 1968, с.6-7).

Развивая этот тезис В.Д.Ломтадзе (1970) писал: «В настоящее время считается общепризнанным, что свойства всех горных пород зависят, а в некоторых [случаях] полностью определяются их минеральным составом, структурой, текстурой и другими петрографическими особенностями, без изучния которых нельзя дать правильной оценки их физико-механических свойств».

В.Д.Ломтадзе более четко определил роль генезиса отложений и их постгенетических изменений в ходе литификации при формировании инженерно-геологических особенностей осадочных пород. Он также подчеркивал влияние пространственного положения объекта на формирование свойств глинистых пород. Роль этого фактора – пространственного положения грунтов была убедительно показана в работах В.Т.Трофимова.

Поэтому данный закон, по мнению В.Т.Трофимова (1999а, 2005), более обоснованно следует называть «**законом Приклонского-Сергеева-Ломтадзе**».

Однако, учитывая взгляды М.В.Ломоносва о влиянии происхождения грунтов на их облик и свойства, изложенные им в работе «О слоях земных» (1763), на наш взгляд более справедливо его именовать законом Ломоносова-Приклонского-Сергеева-Ломтадзе.

Учитывая выше изложенное, более общая формулировка этого закона звучит так: *инженерно-геологические особенности горных пород, почв, осадков и техногенных геологических образований определяются их генезисом, характером постгенетичеких процессов и современным пространственным (координатным) положением (Трофимов, 1999а, с. 33; Грунтоведение, 2005).*

С использованием термина «грунт» (вместо термина «инженерно-геологические особенности пород») в менее общем виде основной закон грунтоведения по мнению В.Т.Трофимова (1999а, с. 32-33) формулируется так: «состав, строение, состояние и свойства грунтов определяются их генезисом, характером постгенетических процессов и современным пространственным (координатным) положением».

Роль генезиса грунтов в данном законе вытекает из вышерассмотренного закона унаследованности (см. раздел. 6.4.1) и обусловливается результатами историко-геологического анализа грунтов (см. рис.6.2).

В данном случае пространственное положение, включая глубину залегания грунта, определяет теп-

ло- и влагообеспеченность объекта и характер техногенного воздействия. Этот закон объясняет морфологическое многообразие грунтов, а также четко подчеркивает генетическое многообразие грунтов.

Подчеркнем, что причинная обусловленность многообразия грунтов изучена значительно слабее многообразия морфологического. И это естественно, поскольку именно морфологические характеристики, которые мы научились определять, требуются для решения прагматических задач. Изучение же причинной обусловленности многообразия грунтов — задача сугубо научная, но инженерно-геологическая по содержанию, и в этой области еще мало сделано, существенно меньше известно, чем в области морфологии грунтов. Это было убедительно показано на совещании «Генезис и модели формирования свойств грунтов» (1998).

Эти же взгляды отстаивала и И.М.Горькова, в рамках развиваемой ею физико-химической механики дисперсных грунтов, которая писала: «Подтвердилась отчетливая связь между геологическими условиями образования пород, их дальнейшим формированием, условиями залегания, гидрогеологическими и геохимическими условиями окружающей среды и инженерно-геологическими особенностями пород. Физико-химическая механика выявила зависимость прочностных, деформационных и реологических свойств грунтов от их состава, состояния, типа структурных связей, величины действующего напряжения и режима деформирования. Эта зависимость является основным законом грунтоведения. Физико-химическая механика осадочных пород позволила:

- установить связь между их составом и состоянием (т.е. геолого-генетическими особенностями) и их механическими и реологическими свойствами и, следовательно, получить возможность обоснованного прогноза поведения пород при взаимодействии с сооружением;
- выявить природу прочности отдельных наиболее распространенных типов осадочных пород, природу основных инженерно-геологических явлений, присущих этим грунтам в определенных условиях деформирования, таких как плывунность, разжижение при динамическом воздействии, тиксотропия, просадочность, пластическое течение, дилатансия и др.;
- создать новую научно обоснованную классификацию осадочных пород, в которой по совокупности прямых количественных классификационных показателей — дисперсности, характера структурных связей, плотности, влажности и прочности пород — можно определить их реологическое и деформационное поведение, механизм присущих им инженерно-геологических явлений при заданном режим деформирования» (Горькова, 1975).

В формулировке И.В.Дудлера (1999) основной закон грунтоведения звучит так: «инженерно-геологические свойства грунтов и грунтовых массивов, определяемые их компонентным составом, строением (структурно-текстурными особенностями и параметрами залегания), а также физическим состоянием, обусловлены генезисом и постгенетическими, в том числе техногенно-вызванными, процессами».

В такой формулировке использован неудачный термин «инженерно-геологические свойства грунтов», поскольку таких свойств нет, правильнее говорить об «инженерно-геологических особенностях» грунтов.Следствием из этого закона, по мнению И.В.Дудлера (1999), является следующее положение: Объективная оценка инженерно-геологических свойств грунтов и грунтовых массивов требует генетического, подхода к их изучению.

В формулировке Н.Л.Шешени (1986, с.50) основной закон (который он называл «закономерностью» и «основой учения о горных породах») излагается следующим образом: «вертикальные (колебательные) движения земной коры предопределяют расположение областей сноса, накопления осадочного материала и вулканизма, строение осадочных толщ, их вещественный состав, скорость отложения и дальнейшего преобования процессами диагенеза, эпигенеза и гипергенеза»

Закон пространственной неоднородности грунтов — грунты на разных масштабных (иерархических) уровнях от минералов до грунтовых массивов характеризуются случайной или закономерной пространственной неоднородностью их состава, структуры и свойств, что обусловлено случайными или закономерными изменениями пространственных условий их формирования (формулировка В.А.Королева).

Данный общий закон является основным не только для инженерной геологии, но и для смежных геологических наук. Более того, по мнению авторов, это закон может рассматриваться как один из важнейших общих геологических законов. По своей сути — это закон о пространственной неоднородности условий формирования (генезиса) грунтов, а, следовательно — условий формирования их свойств.

Марк Владимирович Рац

Приоритет закона не установлен, т.к. многими авторами подчеркивалась большая роль неоднородности природных горных пород разного масштабного уровня (Боровко, 1971; Бондарик, 1972; Рац, 1968, 1973; Гольдштейн, 1973; Ломтадзе, 1999). Следствием этого общего закона являются частные законы неоднородности состава грунтов, неоднородности строения грунтов и неоднородности свойств грунтов (см. ниже).

Даже небольшие по протяженности и по мощности осадочные отложения могут обладать в точках, расположенных буквально на расстоянии 10 см друг от друга, поразительными колебаниями состава и

свойств. Известно, например, как сильно меняется от точки к точке просадочность лёссовых пород, визуально совершенно однородных; как может сильно различаться плотность в соседних точках песчаных отложений (Гольдштейн, 1973).

По своему характеру неоднородность грунтов может быть двух видов: случайно распределенная и закономерно изменяющаяся (Боровко, 1971). Первая обусловлена случайными колебаниями условий седиментации и диагенеза отложений, вторая — закономерными пространственными изменениями этих условий.

Области влияния неоднородности. Статистически неоднородным называют грунт, у которого средние значения характеристики зависят от размера исследуемого объема, но не зависят от координат последнего. Грунт со случайно распределенными неоднородностями — это грунт, у которого плотность распределения неоднородностей не зависит от координат исследуемого объема. Для каждой случайно распределенной неоднородности существует предельный максимальный объем, начиная с которого ею уже можно пренебрегать. Так, для нескольких проб мелкозернистого грунта, отобранных из одного и того же отложения и имеющих размеры в несколько сот или тысяч кубических дециметров, случайные колебания среднего состава будут практически отсутствовать. Наоборот, чем меньше будут пробы, тем сильнее будут, как правило, случайные ко пробах может оказаться, что одна проба будет содержать только глинистые частицы, а другая только две-три крупных песчинки.

Таким образом, в зависимости от решаемой задачи, требующей учета неоднородности грунта по какому-либо свойству, следует установить объем, по которому надлежит, определять данное свойство, и, испытав некоторое количество таких объемов, указать с требуемой надежностью доверительные границы, в пределах которых может колебаться численная характеристика этого свойства.

Исходя из того, что для каждой неоднородности существуют максимальный и минимальный объемы грунта, за пределами которых перестает проявляться данная неоднородность, М.В. Рац (1968) назвал разность этих объемов областью влияния неоднородности. Он предложил называть элементом неоднородности наибольший объем, который может рассматриваться как внутренне однородный и отличающийся от смежных с ним объемов в интересующем нас отношении. Он предложил далее приближенно различать, в зависимости от линейного размера L_c таких элементов, неоднородности четырех порядков.

Неоднородности I порядка, которые определяются различными по составу и структуре пластами, наличием тектонических трещин, фациальной изменчивостью и т. п. и характеризуют, в сущности, геологическое строение массива. Порядок линейного размера элементов неоднородности L_c от 10^6 до 10^3 см.

Неоднородности II порядка — макротрещиноватость, мелкие тектонические и нетектонические дислокации и т. п. в пределах пачки, ритма, слоя; L_c от 10^3 до 10^0 см.

Неоднородности III порядка — в составе и структуре горной породы, а именно, различие в гранулометрическом и минеральном составе, неоднородность в распределении межчастичного цемента и пор и т. д. — L_c от 10^0 до 10^{-3} см.

Неоднородности IV порядка — дефекты кристаллической решетки, вакансии и т. п.; L_c от 10^{-3} до 10^{-6} см.

Область воздействия внешних факторов. В зависимости от характера внешних факторов, воздействующих на грунтовый массив, отклик последнего будет определяться различными объемами грунта. В одних случаях это будут массивы, воспринимающие нагрузку от сооружения; в других — небольшие образцы, извлеченные из массива для испытания; в третьих — расположенные вдоль вертикали точки опробования грунта зондированием. Соответственно следует различать области воздействия внешних факторов. Очевидно, в каждом случае влияние неоднородностей различных порядков будет неодинаковым и следует каждый раз сопоставлять области влияния и области воздействия для получения ответа на вопрос о характере влияния той или иной неоднородности на отклик грунта при данном воздействии и данном соотношении размеров указанных областей.

Области воздействия М.В.Рац также разбил на четыре типа, которые характеризуются линейными размерами L_a следующим образом.

1. Области воздействия I порядка — соответствующие воздействию сооружения. Для них характерен линейный размер L_a порядка 10^6-10^3 см.
2. Области воздействия II порядка, характерные для воздействия штампов и других испытаний массивов грунта в естественном залегании, для испытания стендовых моделей и т. п. — L_a от 10^3 до 10^1 см.
3. Области воздействия III порядка, которые имеются при определении физико – механических свойств образцов грунта; определяющий линейный размер L_a от 10^1 до 10^{-2} см.
4. Области влияния IV порядка — когда грунт подвергают микроструктурным и физико-химическим методам исследований; L_a от 10-2 до 10-6 см.

Диаграмма М.В. Раца. Для рассмотрения соотношений между порядком областей воздействия и порядком областей влияния М.В.Рац предложил строить диаграмму, которую называют его именем. В этой диаграмме на оси абсцисс нанесены интервалы линейных размеров элементов неоднородности L_c, а на оси ординат — интервалы линейных размеров областей воздействия L_a (рис. 7.1).

М.В.Рац принял, что отношение L_a / L_c, равное 10, разделяет диаграмму на три участка: неоднородности не сказываются на поведении данной области воздействия. Соответствующие грунтовые объекты М.В.Рац назвал квазиоднородными; неоднородности вызывают колебания случайного характера в поведении грунта, появляющиеся в виде разброса соответствующих результатов испытаний и наблюдений. Этот эффект наблюдается при размере неоднородностей в среднем на порядок выше размера области воздействия (например, неоднородность

II порядка в виде трещиноватости при испытании штампом). Соответствующий участок диаграммы Раца заштрихован, и его называют участком сильной неоднородности.

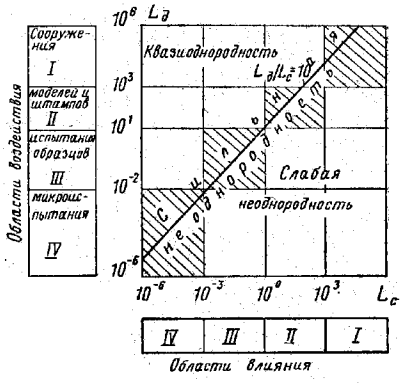


Рис. 7.1. Диаграмма М.В.Раца

Неоднородности проявляются в виде закономерного изменения свойств соседних областей влияния либо в виде резкого выброса характеристик (например, влияние трещины, проходящей через образцы, на их прочность). Подобные эффекты имеют место при неоднородностях с линейными размерами, на порядок большими, чем размеры области воздействия. Соответствующий участок диаграммы Раца называют участком слабой неоднородности.

Легко видеть, что квазиоднородной среде соответствует более высокий порядок неоднородности, чем порядок области воздействия, тогда как при сильной неоднородности имеет место обратное соотношение: при слабой неоднородности оба порядка одинаковы. Участки квазиоднородности и слабой неоднородности разграничиваются на диаграмме Раца диагональю, проходящей через участок сильной неоднородности.

Правило максимальной неоднородности. На границах области влияния неоднородность соответствующего порядка не сказывается на поведении системы, но внутри этой области существует объем, для которого влияние неоднородности будет вызывать максимальный разброс отклика при $L_c < L_э$. Если интенсивность влияния в зависимости от размеров рассматриваемой области представить в виде некоторой кривой распределения разбросов, то этому максимуму соответствовала бы мода этой кривой, совпадающая с математическим ожиданием в случае симметричного распределения)

На основе этого М.Н.Гольдштейн (1973) сформулировал следующее правило: любой неоднородности отвечает некоторая область максимального влияния (разброса), и когда область воздействия фактора совпадает с областью максимального влияния или близка к ней, то величина случайных отклонений в отклике системы также максимальна.

Закон пространственно-временной изменчивости грунтов – показатели состава, строения и свойств грунтов меняются в пространстве и времени в соответствии с их неоднородностью и обусловлены геологическими закономерностями.

При рассмотрении какого-либо явления на одном уровне, например на уровне образца грунта, слоя или массива, неоднородность внутри него обусловливается характером изменения какого-либо свойства или группы свойств в пространстве или во времени, т.е. пространственно-временной изменчивостью. Выделено три основных режима пространственно-временной изменчивости показателей состава и свойств грунтов естественного сложения: нестационарный, стационарный, квазифункциональный (рис.7.2).

Режим изменчивости называется нестационарным, когда значения показателя состава или свойств грунта закономерно, хотя и скачкообразно (по Н.В.Коломенскому), изменяются в каком-либо направлении (см. рис. 7.2). Примерами нестационарной изменчивости могут служить закономерное изменение гранулометрического состава грунтов от области питания к области аккумуляции, изменение с глубиной величины пористости грунтов, изменение трещиноватости пород по мере удаления от тектонического разлома и др.

Рис.7.2. Различные типы пространственной изменчивости грунтов: 1 – нестационарная скачкообразная закономерная (по Н.В.Коломенскому); 2 – стационарная (скачкообразная закономерная); 3 – квазифункциональная (функциональная)

Под стационарной изменчивостью понимают такой режим изменения исследуемого показателя, когда его значения в каком-нибудь направлении изменяются незакономерно, скачкообразно, а график изменчивости имеет характер пилы (см. рис. 7.2). Стационарный характер имеет изменчивость свойств грунтов по простиранию толщи, естественная трещиноватость пород, изменчивость гранулометрического состава в направлении, параллельном фронту сноса материала и др.

Квазифункциональный режим изменчивости можно охарактеризовать как разновидность закономерной (нестационарной) изменчивости, когда на регулярную составляющую изменчивости наложены случайные флуктуации с небольшой амплитудой. Подобную изменчивость можно установить при изучении свойств искусственно закрепленных грунтов. В этом случае на естественный режим изменчивости какого-нибудь показателя (например, водопроницаемости) накладывается закономерное изменение этого показателя в результате технической мелиора-

ции. В естественных геологических телах этот режим изменчивости встречается реже первых двух.

Изменчивость показателей инженерно-геологических особенностей грунтов различна в разных направлениях. Так, в осадочных недислоцированных отложениях наибольшая изменчивость наблюдается в направлении сноса исходного материала, а наименьшая — вдоль фронта сноса. Эти два направления Г.К.Бондарик предложил называть главными направлениями изменчивости. Главные направления изменчивости можно выделить и в дислоцированных толщах пород: максимальная изменчивость прослеживается вкрест геологических структур, а минимальная — по их простиранию (Грунтоведение, 2005).

Закономерности пространственно-временной изменчивости грунтов характеризуются в рамках теории поля геологического параметра, разработанной Г.К.Бондариком (1971, 1976, 1981, 2015).

Закон о наследственности признаков грунтов – химико-минеральный состав, структура и свойства грунта, меняющиеся как в процессах прогрессивного литогенеза (диагенеза, пост-, ката- и метагенетических преобразований), так и в процессах регрессивного литогенеза (выветривания) частично сохраняют свои некоторые реликтовые (первоначальные) признаки, доля которых закономерно уменьшается по мере увеличения степени преобразования (формулировка ВА.Королева).

Важнейший закон грунтоведения, обусловленный действием философских законов отрицания отрицания и перехода количественных изменений в качественные. Наследственность признаков грунтов, проявляющаяся в той или иной мере в ходе естественного или искусственного литогенеза[1], является характерной чертой их преобразования. Закон имеет несколько важных следствий, которые могут быть сформулированы в виде отдельных частных законов (см. ниже): закона наследственности состава, закона наследственности структуры и закона наследственности свойств грунтов.

В целом к настоящему времени теоретические и методологические достижения грунтоведения достаточно велики. Эти разработки ранее (несколько десятилетий назад) составляли актуальные проблемы и задачи грунтоведения, которые позже были успешно решены отечественными и зарубежными инженер-геологами. В этой связи в области грунтоведения можно выделить несколько базовых собственно инженерно-геологических научных закономерностей, законов и теорий, относящихся к разным разделам современного грунтоведения и разработанных к настоящему времени. Так, например, среди теорий можно выделить такие как: теория связанной воды в грунтах, теория двойного электрического слоя в грунтах, теория структурообразования и контактных взаимодействий в грунтах, теория набухания грунтов, теория изменчивости физико-механических свойств грунтов и др., которые рассматриваются ниже.

[1] Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории земли. – М.: Госгеолтехиздат, 1963.

7.2. Закономерности, законы и теории состава грунтов

Первые представления о грунте как о многокомпонентной системе, состоящей из твердых, газообразных и жидких компонентов, были высказаны еще в начале XX в. многими грунтоведами и почвоведами, включая М.М.Филатова, П.А.Земятченского и др. Затем эти идеи были развиты И.В.Поповым, В.А.Приклонским, К.Терцаги и Е.М.Сергеевым. Более того, рассмотрение в инженерной геологии любой горной породы, почвы, осадка как грунта (в отличие, например, от петрографии и литологии) как раз и предполагает их анализ как многокомпонентных систем, «поведение» которых определяется соотношением и взаимодействием этих компонентов. Важной заслугой Е.М.Сергеева является то, что к трём «традиционным» компонентам грунтов он «добавил» еще одну составляющую – биотическую. Всё это позволяет нам говорить о том, что указанные идеи и представления можно объединить в единую теорию – теорию компонентного состава грунтов.

Теория компонентного состава грунтов – основная теория, система взаимосвязанных теоретических положений и номологических умозаключений (закономерностей и законов) о компонентном составе грунтов и инженерно-геологических особенностях этих компонент.

В грунтоведении к настоящему времени выявлено большое количество закономерностей, законов и теоретических положений, характеризующих состав грунтов, которые вместе и составляют теорию компонентного состава грунтов, система которой показана в табл.7.1.

В неё входит ряд основных теорий, каждая из которых, в свою очередь, состоит их нескольких вспомогательных теорий. Рассмотрим их подробнее.

Теория многокомпонентности грунтов – основная теория, система взаимосвязанных теоретических положений и номологических умозаключений (закономерностей и законов) о многокомпонентности грунтов и её инженерно-геологическом значении.

В рамках этой теории рассматриваются общие вопросы многокомпонентности (т.е. многообразия компонентов грунтов) – анализируются не только твердый, жидкий, газообразный компоненты и биотическая составляющая, а многообразие самих этих компонентов и их соотношение в разных грунтах, их динамика, факторы формирования и т.п. Эта теория не столько аналитическая, сколь синтезирующая – рассматривающая грунт как единую систему. Поэтому в ее основе лежит системный анализ грунта как многокомпонентной системы.

Эта теория выполняет в целом описательную, объяснительную и предсказательную (прогнозную) функции (см. гл. 6), чем и определяется ее значение. По нашему мнению эта теория, в свою очередь, состоит из вспомогательной теории компонентов грунтов,

а также теории анализа компонентного состава грунтов с помощью треугольных диаграмм (см. табл.7.2).

Теория компонентов грунтов – вспомогательная теория, система взаимосвязанных теоретических положений и номологических умозаключений (закономерностей и законов) о компонентах грунтов и инженерно-геологических особенностях этих компонент.

В разработку этой теории основополагающий вклад внесли М.М.Филатов, И.В.Попов, В.А.Приклонский, Е.М.Сергеев (1952, 1971, 1983), В.Д.Ломтадзе, М.Н. Гольдштейн (1973), И.М.Горькова (1975), В.А.Королёв и др. грунтоведы (Грунтоведение, 2005).

Таблица 7.1

Система теории компоиеитиого состава груитов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория многокомпонентности грунта	Теория компонентов грунтов	М.М.Филатов, И.В.Попов, Е.М.Сергеев, В.Д.Ломтадзе, М.Н.Гольдштейн (1973); И.М.Горькова (1975) и др.
	Теория анализа компонентного состава грунтов с помощью треугольных диаграмм	А.Кезди (1974), В.А.Королев (1990)
Теория твёрдого компонента грунтов	Теория породообразующих минералов в грунтах	М.М.Филатов, Е.М.Сергеев (1952, 1983) и др.
	Теория глинистых минералов в грунтах	В.Г.Шлыков, В.Н.Соколов и др.
	Теория твердых органических компонентов в грунтах	Е.М.Сергеев (1952,1983), Л.С.Амарян и др.
	Теория льда в грунтах	Э.Д.Ершов, В.Т.Трофимов и др.
Теория жидкого компонента грунтов	Теория (связанной) воды в грунтах	А.Ф.Лебедев, Е.М.Сергеев, Р.И.Злочевская, Л.И.Кульчицкий, В.А.Королев и др.
Теория газового компонента грунтов		Е.М.Сергеев, П.Ф.Мельников и др.
Теория биотической составляющей грунтов		Г.А.Надсон (1903); С.Н.Виноградский (1952); В.В.Радина (1972); И.Н.Болотина, Е.М.Сергеев (1987), Р.Э.Дашко (с 1988) и др.

Основными положениями этой вспомогательной теории являются следующие: 1) грунт – многокомпонентная система, состоящая из твердых, жидких, газообразных компонент и живой (биотической) составляющей; 2) соотношение этих компонент зависит от генетического типа грунта и не может быть произвольным; 3) твердый компонент составляет «скелет» – основу грунта, а прочие компоненты содержатся в его порах, трещинах или иных пустотах и их содержание лимитируется объемом этих пустот (пористостью); 4) состав и соотношение компонент в грунте динамично и меняется в физическом времени под влиянием природных и/или техногенных факторов; 5) между отдельными компонентами грунта существуют взаимодействия, осуществляемые на соответствующих межфазных границах; 6) количество межфазных границ определяется количеством компонентов в грунте (рис.7.3).

Эта теория также выполняет описательную, объяснительную и предсказательную (прогнозную) функции (см. гл. 6), что и определяет ее значение. В то же время необходимо констатировать, что, несмотря на длительность её разработки, данная теория далека от своего окончательного оформления.

В рамках теории компонентов грунтов установлены также некоторые закономерности и законы.

Закон о неоднородности компонентного состава грунтов – грунты на разных масштабных (иерархических) уровнях от образца до грунтовых массивов характеризуются случайной или закономерной неоднородностью их компонентного состава, что обусловлено случайными или закономерными изменениями пространственных условий его формирования в ходе литогенеза и последующего преобразования (формулировка В.А.Королева).

Закон является следствием вышеприведенного общего закона неоднородности грунтов.

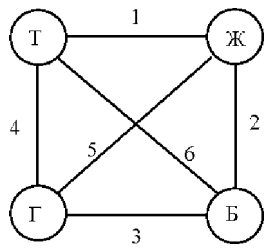


Рис. 7.3. Разные типы межфазных границ в четырехкомпонентном грунте: Т – твердый компонент; Ж – жидкий компонент; Г – газовый компонент; Б – биотическая составляющая; межфазные границы: 1 – «твердое тело – жидкость»; 2 – «жидкость – биота» ; 3 – «газ – биота»; 4 – «твердое тело – газ»; 5 – «газ – жидкость»; 6 – «твердое тело – биота»

Закон смешения грунтов – все грунты являются продуктами смешения или преобразования ранее существовавших грунтов, горных пород или искусственных материалов (для техногенных грунтов) (формулировка В.А.Королева).

Данный закон вытекает из более общего закона смешения горных пород, согласно которому «все породы являются продуктами смешения или преобразования ранее существовавших пород» (формулировка В.П.Макарова, 2007).

Закон унаследованности компонентного состава грунтов – компонентный состав грунта, меняющийся как в процессах прогрессивного литогенеза (диагенеза, пост-, ката- и метагенетических преобразований), так и в процессах регрессивного литогенеза (выветривания, эпигенеза) при техногенезе частично сохраняет свои некоторые реликтовые (первоначальные, природные) признаки, доля которых закономерно уменьшается по мере увеличения степени техногенного преобразования (формулировка ВА.Королева).

Данный закон является следствием из более общего закона о наследственности признаков грунтов (см. выше).

Таким образом, теория многокомпонентности грунтов наряду с основными теориями включает в себя две вспомогательные теории, в каждой из которых рассматриваются более узкие конкретные теоретические положения (см. табл.7.1). Эта теория имеет коллективное авторство, т.к. разрабатывалась в течение длительного времени многими исследователями-грунтоведами.

Эти теории, кроме того, включают в себя вышерассмотренные законы компонентного состава грунтов и теорию воды в грунтах (теорию связанной воды), а также различные классификации тех или иных компонентов в грунтах.

Арпад Кезди (1919-1983)

Теория анализа компонентного состава грунтов с помощью треугольных диаграмм – вспомогательная теория, система взаимосвязанных теоретических положений и номологических умозаключений (закономерностей и законов) об анализе компонентного состава грунтов с помощью треугольных диаграмм.

Основным положением этой теории является то, что рассматривая грунт как трехкомпонентную систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз (т.е. пренебрегая объемом биотической составляющей, который несопоставимо мал, но тоже представлен этими фазами), наиболее удобно анализировать объемное соотношение этих фаз с помощью треугольной диаграммы – равностороннего треугольника, в вершинах которого откладывается относительный объем (в %) содержания в грунте той или иной фазы. Соотношение этих фаз характеризует точка внутри диаграммы: каждая из высот, опущенных на стороны треугольника отражает % содержания той или иной фазы, а сумма высот равна 100%. Поскольку соотношение этих фаз однозначно (детерминированно) взаимосвязано с основными физическими свойствами грунта (плотностью, объёмной влажностью, степенью водонасыщения и др.), то от соотношения фаз легко перейти к физическим свойствам грунта (которые также могут быть отражены на этой диаграмме).

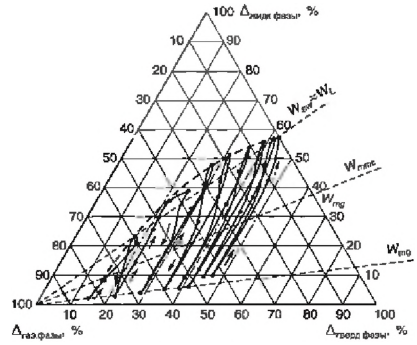


Рис.7.4. а Треугольная диаграмма фазового состава грунтов, иллюстрирующих изменение в них соотношения объемных долей твердой ($\Delta_{тв}$), жидкой ($\Delta_{ж}$) и газообразной ($\Delta_{газ}$) фаз при многократном набухании-усадке глины (Королев, 1990)

Впервые такой метод анализа компонентного состава грунтов предложил венгерский грунтовед А.Кезди (Kezdi, 1974), а закономерности изменения компонентного состава дисперсных грунтов в ходе различных процессов (набухания, усадки, компрессии, просадки, капиллярного насыщения, электроосмоса, термо- и влагопереноса и др.) впервые были установлены В.А.Королёвым (1990). Отражая на таких диаграммах (рис. 7.4 и 7.5) векторы смешения данных точек (т.е. изменения соотношения компонентов) в ходе того или иного рассматриваемого процесса, можно установить и предсказать закономерности изменения компонентного состава грунтов (а, следовательно, и их физических свойств) в ходе анализируемых процессов массопереноса или деформирования грунтов (Королев, 1990).

Эта теория обладает объяснительной и, что наиболее важно, – предсказательной (прогнозной) функцией: с помощью треугольных диаграмм заранее можно предсказать как для данного грунта будут меняться его физические свойства в ходе того или иного процесса.

Теория твёрдого компонента грунтов – основная теория, система взаимосвязанных теоретических положений и номологических умозаключений (закономерностей и законов) об инженерно-геологических особенностях твердых компонентов грунтов.

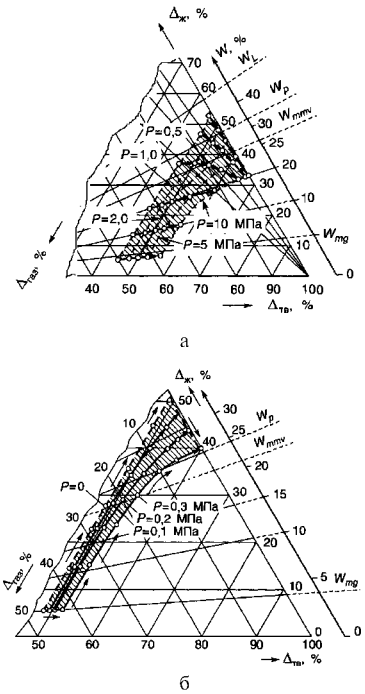


Рис. 7.4. Примеры треугольных диаграмм фазового состава грунтов, иллюстрирующих изменение в них соотношения объемных долей твердой ($D_{тв}$), жидкой ($D_ж$) и газообразной ($D_{газ}$) фаз при: а –компрессионном уплотнении глины разными нагрузками (Р); б – просадке лёсса (Королев, 1990)

Эта теория включает в себя ряд вспомогательных теорий об особенностях твердого компонента грунтов: теорию породообразующих минералов в грунтах, теорию глинистых минералов в грунтах, теорию твердых органических компонентов в грунтах, теорию льда в грунтах. Подразделение твёрдого компонента в инженерно-геологических целях (в отличие от других геологических дисциплин) проводится, в основном, по преобладающему типу связи между его структурными элементами, т.к. именно они определяют основные свойства грунтов. Значение этой теории определяется тем, что именно твердые компоненты грунта составляют его «скелет» – основу всей системы, без которого грунт был бы не возможен как таковой. Эта теория выполняет описательную, объяснительную и предсказательную (прогнозную) функции (см. гл. 6).

Теория породообразующих минералов в грунтах – вспомогательная теория, система взаимосвязанных теоретических инженерно-геологических положений и номологических умозаключений (закономерностей и законов) об основных породообразующих минералах в грунтах

В рамках этой теории рассматриваются закономерности многообразия основных породообразующих минералов в скальных и дисперсных грунтах и их подразделение в инженерно-геологических целях. Подчеркнём, что при этом породообразующие минералы рассматриваются с инженерно-геологических позиций – с точки зрения их влияния на строение, состояние и свойства грунтов (табл. 7.2).

Подразделение породообразующих минералов в инженерно-геологических целях обычно проводится по преобладающему типу связей в минералах: 1) минералы с преобладанием ковалентных связей – первичные силикаты; 2) минералы с преобладанием ионных связей – простые соли; 3) минералы с ионными, ковалентными, а также водородными и молекулярными связями – глинистые минералы; 4) органическое вещество – с преобладанием молекулярных связей; 5) лёд – с водородными связями.

В разработку этой теории внесли вклад В.П.Ананьев, В.Д.Ломтадзе, Н.С.Красилова, С.С.Морозов, В.И.Осипов, Е.М.Сергеев (1952, 1983), М.М.Филатов, и др. (Грунтоведение, 2005), однако она еще далека от своего завершения, особенно в части обобщающих теоретических положений об инженерно-геологическом значении породообразующих минералов.

Теория глинистых минералов в грунтах – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологических особенностях глинистых минералов в грунтах.

Одним из первых на огромную роль, которую играют в дисперсных грунтах глинистые минералы, сосредоточенные в основном в глинистой фракции, обратил внимание Аттерберг (1918), показавший, что в зависимости от их количества в грунте в широких пределах меняется его пластичность и многие другие свойства. Позже на значение глинистых минералов в грунтах указывали многие инженер-геологи, в том числе М.М. Филатов, И.В.Попов, М.Ф.Викулова, В.В.Охотин, С.С.Морозов, Е.М.Сергеев, В.Д.Ломтадзе, Р.С.Зиангиров, В.Т.Трофимов, В.Г.Шлыков, В.И.Осипов, В.Н.Соколов и многие др. Это и определило повышенное внимание инженер-геологов к глинистым минералам в грунтах, которое со временем сложилось в целостную совокупность теоретических положений, представляющих на наш взгляд самостоятельную вспомогательную теорию (Грунтоведение, 2005).

Долгое время в грунтоведении использовалась классификация глинистых грунтов по минеральному составу М.Ф.Викуловой. Исследования последних лет показывают, что более обоснованно подразделять глинистые грунты по типам ассоциаций глинистых минералов, классификация которых составлена В.Г.Шлыковым (Грунтоведение, 2005). Эта теория, несомненно, является дополнительной к предыдущей, но играет самостоятельную роль для дисперсных, особенно глинистых, грунтов, чем и определяется ее значение для инженерной геологии.

Теория твердых органических компонентов в грунтах – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологических особенностях твёрдых органических компонентах в грунтах.

Таблица 7.2

Основные породообразующие минералы грунтов

Скальные грунты:			Дисперсные грунты	Мёрзлые грунты
Магматические	Метаморфические	Осадочные сцементированные		
Полевые шпаты Кварц Пироксены Слюды Оливин	Полевые шпаты Кварц Пироксены Слюды Оливин Гранаты Дистен Хлориты Эпидот Карбонаты	Кварц Полевые шпаты Слюды Карбонаты Сульфаты Галлоиды Железистые минералы Уголь	Кварц Полевые шпаты Глинистые минералы Органическое вещество	Те же, что в скальных и дисперсных + лёд и газогидраты

В разработку этой теории внесли вклад работы М.М.Филатова, П.А.Земятченского, Е.М.Сергеева (1971, 1983), Л.С.Амаряна и др.

Твёрдые органические компоненты в грунтах, представленные в основном гумусом, играют в них весьма существенную роль: от их количества зависят многие инженерно-геологические особенности дисперсных грунтов. Однако, хотя изучением гумуса занимаются довольно длительное время (с конца XIX в.), тем не менее, эта составляющая грунтов в инженерно-геологическом плане изучена еще не достаточно, а разработка теории твёрдых органических компонентов далека от завершения. Особую роль среди твердых органических компонентов играют гуматы – комплексные образования гуминовых веществ и глинистых минералов, широко распространенные в дисперсных грунтах и во многом определяющие их физико-химические свойства (Грунтоведение, 2005).

Теория льда в грунтах – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологических особенностях льда в грунтах.

В рамках этой теории рассматриваются различные инженерно-геологические особенности льда как в сезонномерзлых, так и в многолетнемерзлых грунтах. Наряду с обычным льдом в рамках этой теории анализируются и газогидраты – твердые клатратные соединения типа включения газов в структуру льда (Грунтоведение, 2005). Подчеркнём, что при этом центральным вопросом является анализ инженерно-геологического значения льда, как твёрдого компонента грунтов.

В разработку этой теории внесли вклад многие геокриологи и инженер-геологи, в том числе Ю.К.Васильчук, Б.И.Втюрин, Ш.Ш.Гасанов, Г.И. Дубиков, Э.Д.Ершов, Т.Н.Жесткова, В.А.Истомин, М.М.Корейша, А.Н.Котов, Дж.Маккей, А.И.Попов, В.Н.Ремптон, В.Т.Трофимов, К.Фуджино, Г.Хольмсен, Е.Н.Чувилин, В.С.Якушев (1992) и многие др.

Таким образом, указанные четыре вспомогательные теории в целом составляют, по нашему мнению, теорию твёрдого компонента грунтов.

Теория жидкого компонента грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологических особенностях жидких компонентов в грунтах.

В рамках этой теории рассматриваются инженерно-геологические особенности жидких компонентов разного состава, присутствующие в грунтах: неорганические (включая воду и водные растворы) и органические жидкости, их смеси (эмульсии) как природного, так и техногенного происхождения и т.п. (Грунтоведение, 2005). Наиболее разработанной является теория воды в грунтах.

Теория (связанной) воды в грунтах – вспомогательная теория, система взаимосвязанных теоретических положений и номологических умозаключений (законов) о состоянии и свойствах воды в грунтах и её влиянии на инженерно-геологические особенности грунтов.

Александр Фёдорович Лебедев (1882-1936)

Алексей Андреевич Роде (1896-1979)

Фёдор Данилович Овчаренко (1913-1996)

Она состоит в совокупности умозаключений, отражающих особенности состояния и свойств воды в дисперсных грунтах, которая под действием поверхностных сил твердой фазы (грунта) меняет свою структуру (по сравнению со структурой обычной свободной воды) и вследствие этого приобретает аномальные свойства (повышенную вязкость, плотность, пониженную диэлектрическую проницаемость, температуру замерзания, растворяющую способность и т.п.), что отражается и на свойствах грунта в целом. Обобщением этой теории является разработка классификации видов воды в грунтах, используемая в современном грунтоведении (табл.7.3) (Грунтоведение, 2005).

Борис Александрович Савельев (1912-1994)

Анатолий Данилович Воронин (1929-1998)

Леонид Иванович Кульчицкий

Данная теория разрабатывалась постепенно не одним, а многими учеными-грунтоведами, опиравшимися на фундаментальные работы исследователей в области физико-химии тонких слоёв жидкостей и поверхностных сил, прежде всего на работы академика Б.В.Дерягина и его школы. У истоков создания этой теории в 1920-1930-е гг. стояли такие грунтоведы и почвоведы как П.И.Андрианов, А.Ф.Лебедев, А.А.Роде, С.Маттсон, Э.А.Митчерлих, В.А.Приклонский и др., а решающий вклад в ее завершение в 1950-1990-х гг. внесли работы Е.М.Сергеева, Ф.Д.Овчаренко, Р.И.Злочевской[1], В.И.Квливидзе, Н.Ф.Бондаренко, Л.И.Кульчицкого, В.А.Королева (1977, 1990), А.Д.Воронина. П.А.Крюкова. Ю.П.Акимова. Б.А.Савельева, А.К.Ларионова, З.А.Нерсесовой, Ю.И.Тарасевича, И.В.Язьниной (1989)[2] и др. (Грунтоведение, 2005). В последние десятилетия в развитие этой теории вносят вклад Р.Э.Дашко, В.И.Осипов, Е.Г.Старостин (2009) и др.

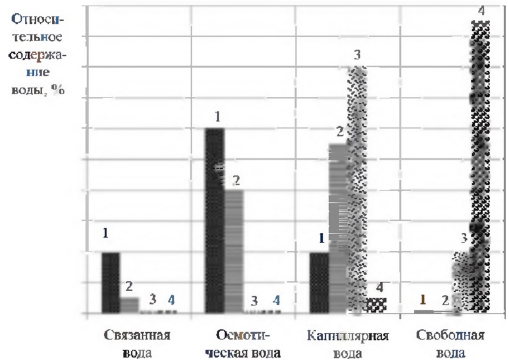


Рис. 7.6. Соотношение содержания категорий воды в разных дисперсных грунтах: 1 – глины; 2 – супеси; 3 – пески; 4 – крупнообломочные грунты

Подчеркнём, что теория связанной воды в грунтах создавалась параллельно с теорией поверхностных сил в тонких слоях жидкостей, разработанной Б.В.Дерягиным и его учениками – Н.В.Чураевым, В.М.Муллером и др. Обе эти теории достаточно близки, они «подпитывают» друг друга фактическими, экспериментальными и теоретическими данными, но это не одинаковые, а разные теории; в них рассматриваются разные объекты и предметы исследований. Неверно считать теорию связанной воды в грунтах лишь частным приложением теории поверхностных сил к грунтам, а поэтому относить её к частной теории, как считали некоторые. Убедительным доказательством самостоятельности теории связанной воды в грунтах является разработанная в её рамках классификация видов воды в грунтах Р.И.Злочевской (табл.7.3) , которая не вытекает из теории поверхностных сил, хотя и учитывает её.

Наряду с обоснованием выделения различных

[1] Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах / Под ред. Е.М.Сергеева – М.. Изд-во Московского ун-та. 1969, 176 с.

[2] Язьнина И.В. Состояние граничных слоев воды в глинистых породах по данным ЯМР. / Автореф. дисс... канд. г.-м. наук. – Москва, МГУ, 1989, 18 с.

категорий воды в грунтах эта теория рассматривает и количественное содержание разных видов воды в различных дисперсных грунтах (рис.7.6), от которого, в свою очередь, зависит состояние (супучесть, пластичность и т.п.) и свойства грунтов (Грунтоведение, 2005).

Таблица 7.3

Классификация видов воды в грунтах

Категория (тип) воды	Вид и разновидности воды
Связанная	1. Вода кристаллической решетки минералов (конституционная, кристаллизационно связанная) 2. Адсорбционная вода (островной, мономолекулярной и полимолекулярной адсорбции)
Переходного типа (от связанной к свободной)	1. Осмотически поглощенная вода 2. Капиллярная вода (капиллярной конденсации и капиллярного впитывания)
Свободная	1. Замкнутая в крупных порах (иммобилизованная) 2. Текучая

Методологическое значение для грунтоведения и инженерной геологии в целом теории связанной воды в грунтах достаточно велико: эта теория описывает особенности разных видов воды в грунтах (описательная способность теории); с помощью этой теории объясняются многие физические, физико-химические и физико-механические свойства грунтов (номологически-объяснительная способность теории); с помощью этой теории открываются новые особенности и закономерности дисперсных грунтов, включая мерзлые (эвристическая способность теории); с её помощью можно заранее предсказать поведение грунтов в зависимости от наличия в них тех или иных видов связанной воды (предсказательная способность теории) и т.п.

Таким образом, в целом эта теория отвечает, если не всем, то большинству требований, предъявляемым к научным теориям и поэтому по праву может называться научной теорией.

Теория газового компонента грунтов – вспомогательная теория, система собственных понятий, теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологических особенностях газообразных компонентов в грунтах. В рамках этой теории объединяются представления об инженерно-геологической роли газового компонента грунтов, его влиянии на состояние и свойства грунтов и т.п.

В разработку этой теории внесли вклад В.А.Балакин, А.П.Виноградов (1964), Б.Ю.Заболотский (2005), В.С.Зыков, Б.Н.Макаров (1988), П.Ф.Мельников, П.С.Микляев (2015) Е.В.Перлова (2001) Е.М.Сергеев, В.А.Соколов (1971), В.Л.Сывороткин, В.К.Титов (1991), Е.П.Труфманова и др.

Основные положения этой теории кратко сводятся к следующим позициям. 1) Газы являются неотъемлемым компонентом грунтов, особенно верхней части литосферы, и могут быть как природного (геологические, атмосферные и биотические), так и техногенного происхождения с выделением ряда генетических типов (Грунтоведение, 2005). 2) По состоянию газы в грунтах могут быть адсорбированными, растворенными, защемлёнными и свободными. 3) Состав и содержание газов в грунтах определяются их генезисом, особенностями состава и структуры самих грунтов, а также внешними термодинамическими факторами. Вследствие этого газы представляют весьма динамичный компонент грунтов. 4) В зависимости от этого газы, в свою очередь, влияют на состав, строение, состояние и свойства грунтов, а это обусловливает развитие в грунтовых массивах различных геологических и инженерно-геологических процессов: оплывин, выпора пород, плывунов, химической агрессивности, формирование газогидратов и т.п. 5) Часть газов в грунтах может оказывать токсическое влияние на биоту, и такие газы должны рассматриваться как экологически неблагоприятные загрязнители.

Однако, несмотря на всю важность данного компонента, приходится констатировать, что данная теория еще далека от своего завершения.

Теория биотической составляющей грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологических особенностях биотических (живых) компонентов в грунтах. Одна из самых «молодых» теорий компонентного состава грунтов.

Несмотря на то, что о геологической роли микроорганизмов было известно уже в конце XIX в. (работы Г.А.Надсона[1] и др.), тем не менее, на инженерно-геологическое значение их роли в формировании и изменении свойств грунтов обратили внимание сравнительно недавно – с 1970-1980-х гг. Значительное число работ было выполнено в связи с характеристикой почвенных организмов (М.С.Гиляров, Д.А.Криволуцкая, Т.В.Аристовская, В.В.Добровольский, Е.Н.Мищустин, М.В.Фёдоров, Э.А.Штин и др.), а также в связи биогеохимическими процессами в горных породах с участием различных микроорганизмов (работы академиков С.Н.Виноградского[2] и Б.Л.Исаченко[3] и др.).

[1] Надсон Г.А. Микроорганизмы как геологические деятели. – СПб.: Типография Г.П.Сайкина, 1903, 98 с.

[2] Виноградский С.Н. Микробиология почвы. – М., Изд-во АН СССР, 1952, 762 с.

[3] Исаченко Б.Л. Избранные труды. – М.-Л., Изд-во АН СССР, 1951, т.1-3.

Академик Георгий Адамович Надсон (1867-1939)

Сергей Николаевич Виноградский (1856-1953)

Академик Борис Лаврентьевич Исаченко (1871-1948)

В настоящее время появляется все больше и больше фактов об огромной роли микроорганизмов и других биотических компонентов в формировании состава, строения и свойств грунтов. Поэтому данная теория активно развивалась и продолжает разрабатываться в последние десятилетия благодаря работам С.Н.Алексеева, З.В.Алешинской, Г.Баррона, И.Н.Болотиной (1985), Д.Ю.Власова, Р.Э.Дашко[1], М.М.Забелиной, Г.А.Заварзина (1972), Д.Г.Звягинцева (1973), Л.С.Кожевиной, Дж.Костертона, С.И.Кузнецова, А.К.Ларионова, Л.Г.Пирумовой, В.В.Радиной (1972, 1973), Е.М.Сергеева, Г.М.Хлебниковой, В.С.Шешуковой и др. (Грунтоведение, 2005).

Кратко основные положения этой теории сводятся к следующим позициям:1) микроорганизмы являются важнейшей динамичной составляющей грунтов верхних частей литосферы, особенно дисперсных; диапазон физических (экологических) условий их существования в грунтах весьма широк и зависит от видового состава микроорганизмов; 2) в процессе своей жизнедеятельности они влияют на состав, структуру, состояние и свойства грунтов; 3) негативное изменение микроорганизмами состава, структуры и свойств грунтов объясняется формированием на минеральной поверхности частиц «биоплёнок» и заполнением порового пространства биомассой; около 90% микроорганизмов сконцентрировано в «биопленках»; 4) «биопленки» состоят из клеток микроорганизмов, помещенных в матрикс, состоящий из органических веществ: полисахаридов, протеинов, гликопротеинов, липополисахаридов, липидов, гликолипидов, ферментов и др.; 5) изменения микроорганизмами состава, строения и свойств грунтов вызывают развитие ряда негативных геологических и инженерно-геологических процессов в грунтовых массивах – плывунов, биокоррозии, оплывин и др. и проявление ими биоагрессивности; 6) активность микробиоты определяется природными и техногенными факторами; 7) около 10 % микроорганизмов в грунтах обладают патогенными свойствами и должны рассматриваться как загрязнители компонентов геологической среды: грунтов и подземных вод.

В рамках этой теории зарегистрировано открытие и ряда закономерностей и явлений, приводимых ниже.

Научное открытие "Явление образования истинных плывунов".

Формула открытия: "Установлено неизвестное ранее явление образования истинных плывунов, заключающееся в том, что в водонасыщенной дисперсной породе происходит накопление в виде пузырьков газообразных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, которые вызывают избыточное давление в жидкой фазе породы, являющееся энергетическим фактором ее подвижности". Автор: В.В. Радина. Номер и дата приоритета: № 91 от 16 мая 1960 г.

Путем многочисленных экспериментов В.В. Радина установила[2], что в истинных плывунах живут микробы. Продукты их жизнедеятельности – слизь и газ – насыщают грунт, как бы накачивают его. Давление газа в объеме грунта возрастает. Когда плывун на глубине зажат горной породой, двигаться ему некуда. Но как только его коснулась выработка, он прорывается в пространство котлована с довольно большой скоростью. Трение уменьшают пузырьки газа, со всех сторон облепляющие частицы грунта и как бы создающие воздушную подушку.

Явление выделения из пиритсодержащей горной породы элементарной серы под действием тионовых бактерий. Формула открытия: «Экспериментально установлено неизвестное ранее явление выделения из пиритсодержащей горной породы элементарной серы под действием тионовых бактерий, заключающееся в том, что в водно-воздушных условиях тионовые бактерии разлагают в порах пиритсодержащей горной породы микрокристаллы пирита по

[1] Дашко Р.Э., Власов Д.Ю., Шидловская А.В. Геотехника и подземная микробиота. – СПб.: Институт «ПИ Геореконструкция», 2014. – 279 с.

[2] Радина В.В. Роль микроорганизмов в формировании свойств грунтов и их напряженного состояния. – Гидротехническое строительство, 1973, № 9, с. 22-24.

их внешней поверхности на элементарную серу и сопутствующие компоненты (серную кислоту, сульфаты, гидроксид железа и др.)».

Авторами открытия данной закономерности (открытия, зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 79) являются М.П.Зборщик и В.В.Осокин[1]. Приоритет открытия: 1 февраля 1978 г. Отмеченное явление имеет важное значение не только для оценки роли микроорганизмов в процессах окисления угля и горных пород[2], но также и для анализа роли микроорганизмов в формировании компонентного состава грунтов. Указанное явление характеризует прямое влияние микроорганизмов (биоты) на минеральный состав грунта.

Таким образом, общей теорией, объединяющей вышерассмотренные закономерности, законы и вспомогательные теории является теория компонентного состава грунтов.

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 72.

[2] Зборщик М.П., Осокин В.В., Николенко Ю.И. О роли микроорганизмов в процессах окисления угля и пород. // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых: Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – 1980, вып. 56.

7.3. Закономерности, законы и теории строения грунтов

Теория строения грунтов – система теоретических положений, закономерностей и законов, характеризующих инженерно-геологические особенности строения грунтов, т.е. количественное распределение и пространственное расположение структурных элементов и компонентов, составляющих грунт как единую систему и их взаимодействие друг с другом. Она состоит из основных теорий, каждая из которых объединяет ряд вспомогательных теорий. Её общая структура представлена в табл. 7.4.

Инженерно-геологическое значение этой теории состоит в том, что именно строение грунта во многом определяет почти все его свойства, в том числе – физико-механические, наиболее важные для строительных целей. Таким образом, изучение строения грунта позволяет лучше понять его свойства и особенности их формирования.

Кроме вспомогательных теорий, теория строения грунтов опирается на различные классификации структур, текстур, контактов, структурных связей, трещиноватости, гранулометрические классификации грунтов и т.п. (Грунтоведение, 2005). Эта теория имеет коллективное авторство, т.к. разрабатывалась длительное время различными исследователями-грунтоведами. В состав этой теории входят основные и вспомогательные теории (см. табл.7.4).

Теория формирования строения грунтов – система номологических высказываний и теоретических положений, отражающих инженерно-геологические особенности формирования строения грунтов. Среди основных теорий строения, на первом месте стоит теория формирования строения грунтов, т.е. объединяющая теория, в рамках которой были бы сформулированы основные теоретические положения по данному вопросу. Однако, пока такая теория в целом не разработана, и имеются лишь предпосылки и отдельные работы по ее созданию (Грунтоведение, 2005). Кроме того в неё входит ряд номологических умозаключений, приводимых ниже.

Таблица 7.4

Система теории строения грунтов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория формирования строения грунта	Пока не разработана	
Теория структурообразования в грунтах	Теория структурных связей в грунтах	М.М.Филатов, И.В.Попов, Е.М.Сергеев, И.М.Горькова (1958, 1969), В.И.Осипов, В.Н.Соколов (1988) и др.
	Теория контактных взаимодействий в грунтах	И.М.Горькова, В.И.Осипов, В.Н.Соколов (1988), Л.И.Кульчицкий, В.А.Королёв и др.
Теория строения грунтов	Теория гранулометрии грунтов	В.В.Охотин, С.С.Морозов, П.А.Земятченский, П.Ф.Мельников, Е.М.Сергеев, В.П.Петелин и др.
	Теория строения скальных грунтов	Л.И.Нейштадт (1963)*, В.М.Ладыгин (1985), Н.С.Красилова (1985), Ю.В.Фролова и др.
	Теория строения дисперсных грунтов	Дж.Розенквист, Т.Лэмб, И.М.Горькова, В.И.Осипов, В.Н. Соколов (1988) и др.
	Теория строения мёрзлых грунтов	Э.Д.Ершов, А.А.Каган, Е.М.Катасонов, Н.Ф.Кривоногова и др.

*~Нейштадт Л. И. Инженерно-геологические условия строительства на изверженных горных родах. Т. 3. М.: Госэнергоиздат, 1963.

Закон о строении грунтовых массивов осадочного генезиса – строение толщи грунтового массива осадочного генезиса как по горизонтали, так и по вертикали обусловлено особенностями дифференциации осадочного материала в процессах его переноса и отложения (формулировка В.А.Королева).

Закон является следствием более общего закона – закона осадочной дифференциации Пустовалова[1], согласно которому «в процессе переноса осадочного материала под влиянием физико-химических и физико-механических условий происходит его дифференциация». При этом дифференциация материала осуществляется как по горизонтали, так и по вертикали, а сама дифференциация проявляется в закономерном изменении дисперсности, формы и минерального состава частиц по мере удаления от источников сноса.

Закон скольжения структуры грунтовых толщ – при непрерывной миграции зон осадконакопления по горизонтали, формирующиеся структуры грунтов в той же последовательности преобразуются в накапливающихся грунтах по вертикали (формулировка В.А.Королева).

Закон является следствием более общего «литологического» закона Головкинского-Вальтера или закона скольжения обстановок осадконакопления, согласно которому «при непрерывной миграции горизонтальных зон осадконакопления на поверхности, они в той же последовательности преобразуются в накапливающихся осадках в вертикальной зоне» (Макаров, 2007). Этот закон впервые был отмечен Н.А.Головкинским в 1868 г., а позднее независимо был открыт И.Вальтером в 1893-1894 гг.

Закон имеет важное значение для регионального грунтоведения и региональной инженерной геологии, поскольку на его основе объясняется взаимосвязь горизонтальных и вертикальных изменений в структуре грунтовой толщи одного генетического типа.

Следствием из этого закона могут быть аналогичные положения и закономерности, касающиеся взаимосвязи и последовательности смены состава и свойств грунтов в толще по горизонтали и вертикали.

Закон о неоднородности строения грунтов – грунты на разных масштабных (иерархических) уровнях от минералов до грунтовых массивов характеризуются случайной или закономерной неоднородностью их строения, что обусловлено случайными или закономерными изменениями пространственных условий его формирования (формулировка В.А.Королева).

Закон является следствием вышеприведенного общего закона неоднородности грунтов.

Закон о нарушении структуры грунтов – нарушение структуры грунтов, вызванное любыми техногенным воздействиями, приводит к изменению их физико-механических свойств, носящих негативный характер за исключением случаев целенаправленной (заданной и управляемой) технической мелиорации грунтов (Дудлер, 1999).

[1] Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. М.- Л.: Гостоптехиздат, Т. 1 –3, 1940

Игорь Владиславович Дудлер

Следствием из этого закона, по мнению И.В.Дудлера (1999), является следующее положение: при ведении, строительных работ необходимо минимизироватьвозможные нарушения структуры грунтов или управлять процессами ее техногенного преобразования.

Закон унаследованности структуры грунтов – структура грунта, меняющаяся как в процессах прогрессивного литогенеза (диагенеза, пост-, ката- и метагенетических преобразований), так и в процессах регрессивного литогенеза (выветривания) частично сохраняет свои некоторые реликтовые (первоначальные) особенности, доля которых закономерно уменьшается по мере увеличения степени преобразования (формулировка ВА.Королева).

Данный закон является следствием более общего закона о наследственности признаков грунтов (см. выше).

Следствие 1. Важным следствием из этого закона является положение о наследственности и многих других признаков грунтов, проявляющейся в частности в наследственности ряда их физических, физико-химических и физико-механических свойств, закономерно меняющихся в ходе указанных преобразований как при прогрессивном, так и регрессивном литогенезе.

Следствие 2. Для техногенных грунтов следствием из закона наследственности структуры является положение о том, что структура техногенных грунтов (особенно техногенно преобразованных грунтов на месте) сохраняет многие реликтовые (первоначальные) особенности исходных природных грунтов (формулировка В.А.Королева).

Закон Билибина об окатанности частиц – все обломки пород и минералов, попадающие в активно действующие водные потоки, по мере переноса окатываются и приобретают равновесную, хорошо окатанную форму. В идеальном случае окатанная поверхность обладает минимальной шероховатостью и описывается уравнениями элиппсоидов (и шара) (формулировка В.П.Макарова, 2007).

Данный закон рассматривается В.П.Макаровым (2007) как один из законов литологии, но его действие можно полностью отнести и к законам грунтоведения, как закон описывающий формирование структурных особенностей дисперсных грунтов.

Однако действие закона Билибина ограничивается определенными размерами частиц: установлено, что механическому окатыванию подвергаются лишь

крупные частицы и обломки, а именно фракции от валунов и камней до пылеватых частиц. Более мелкие фракции частиц (глинистая и коллоидная) в процессе переноса не подвергаются окатыванию. Отсюда можно сформулировать нижеследующий закон о пределе окатанности частиц грунтов.

Закон о пределе окатанности частиц грунтов – в процессе водного или ветрового переноса механическому окатыванию подвергаются не все обломки, а лишь частицы пылеватой и более крупных фракций (формулировка В.А.Королева).

Закон является ограничением вышеприведенного закона Билибина. Авторство данного закона не определенно, так как он был установлен экспериментально в результате многочисленных опытов по механическому истиранию и диспергированию частиц разного размера в различных средах. Объясняется этот закон тем, что действие механических сил трения на частицы при их истирании ограничивается пылеватым размером частиц, ниже которого на разрушение частиц начинают оказывать действие иные факторы, главным образом физико-химические и химические.

Таким образом, вышерассмотренные номологические высказывания – закономерности и законы, отражающие представления о формировании строения грунтов, объединяются общей теорией формирования строения грунтов (см. табл. 7.2).

Две другие основные теории – теория структурообразования в грунтах и теория строения грунтов, рассматриваемые ниже.

Теория структурообразования в грунтах характеризует закономерности формирования структуры и объединяет две вспомогательные теории – теорию структурных связей в грунтах и теорию контактных взаимодействий (см. табл.7.2).

Теории структурных связей и контактных взаимодействий в грунтах – вспомогательная теория строения грунтов. Эта теория состоит из совокупности умозаключений, отражающих особенности и закономерности объективно существующих структурных связей между отдельными компонентами грунтов (твердыми, жидкими, газообразными и биотическими), от характера проявления которых зависит строение грунта в целом, а, следовательно, и многочисленные свойства, определяемые строением данного грунта.

В отечественном и зарубежном грунтоведении теория структурообразования грунтов разрабатывалась на базе и в связи с изучением особенностей структурных связей в различных грунтах, главным образом дисперсных (а среди них – глинистых). Большой вклад в изучение особенностей структурных связей дисперсных, в основном глинистых грунтов в середине-конце XX века внесли такие отечественные инженер-геологи как М.М.Филатов, Е.М.Сергеев, И.М.Горькова, Г.Г.Ильинская, В.И.Осипов, А.К.Ларионов, Л.И.Кульчицкий, В.Н. Соколов[1] и др., а среди зарубежных – А.Казагранде, Т.Лэмб, Х.ван Ольфен, К.Терцаги, И.Розенквист, Дж.Митчелл, П.Смарт, К.Товей, Д.Джиллот и др.

Значительно меньше было выполнено работ по изучению структурных связей скальных грунтов разных типов (в том числе осадочных сцементированных и др.), а также дисперсных грунтов с механическими структурными связями (крупнообломочных и песчаных) и грунтов с биотическим структурными связями. Однако, несмотря на неравномерную изученность особенностей структурных связей в грунтах разных типов, к концу XX в. удалось выявить и изучить различные виды структурных связей химической, физической, физико-химической и биотической природы в грунтах (Грунтоведение, 2005). Существенный вклад в эти исследования внесли работы В.Н.Соколова по изучению микростроения грунтов. Таким образом, авторство этой теории также коллективное.

Теория контактных взаимодействий в грунтах – вспомогательная теория – совокупность умозаключений, отражающих инженерно-геологические особенности и закономерности формирования в грунтах контактов между частицами, кристаллами, обломками и др. структурными элементами. В разработку этой теории внесли вклад В.И.Осипов, В.Н.Соколов, Дж.Израелашвили (2011) и др.

Эта теория во многом является приложением более общей теории – теории контактных взаимодействий дисперсных систем, основы которой были заложены физико-химиками: П.А.Ребиндером, Б.В. Дерягиным, Л.Ландау, Э.Фервеем, Я.Овербеком, И.Ф.Ефремовым, О.Г.Усьяровым, Н.Б.Урьевым, В.В.Яминским, Дж.Израелашвили и др. Количественное описание структурообразования в дисперсных системах, основанное на учете сил отталкивания и притяжения между взаимодействующими частицами было дано в так называемой теории ДЛФО, разработанной Б.В.Дерягиным, Л.Д.Ландау, Э.Фервеем и Я.Овербеком и являющейся составной частью современной теории контактных взаимодействий. В настоящее время теория ДЛФО совершенствуется и развивается путем учета более широкого комплекса сил и факторов, определяющих контактные взаимодействии частиц. На базе теории этой ДЛФО также дается количественная характеристика контактных взаимодействий в водонасыщенных глинистых грунтах.

В связи с бурным развитием в настоящее время нанотехнологий и микроструктурных исследований грунтов, следует ожидать существенного обновления и дальнейшего развития этой теории в ближайшее время. Тем не менее, в настоящее время, наблюдается определенный перекос в изучении строения грунтов: значительное внимание уделяется микроуровню, и несравненно меньшее внимание – мезо- и макроуровням. Пока не решенным в рамках этой теории остается вопрос о взаимосвязи строения грунтов на разных иерархических уровнях. Отмеченные недостатки и неравномерность изученности структурных связей свидетельствуют о незавершенности данной теории к настоящему времени.

В то же время, теория контактных взаимодействий в грунтах в современном её виде имеет большое методологическое значение в инженерной

[1] Соколов В.Н. Микроструктура глинистых грунтов и её влияние на свойства / Автореф. дисс.... докт.г.-м.н. – Москва, МГУ, 1988.

геологии, особенно – в грунтоведении. Эта теория объясняет многие структурные особенности грунтов (номологически-объяснительная способность теории); с её помощью выявляются многие новые закономерности формирования свойств дисперсных грунтов (эвристическая способность теории); с помощью этой теории можно заранее предсказать характер структурообразования дисперсных грунтов при изменении условий среды (предсказательная способность теории); на базе этой теории можно регулировать строение и структурообразование дисперсных грунтов (прагматическая способность теории) и т.п. Таким образом, данная теория также отвечает большинству требований, предъявляемым к научным теориям, а, следовательно, вполне может называться инженерно-геологической теорией.

В состав теории входит учение о типах контактов в грунтах и их особенностях в разных грунтах (Соколов, 1973; Осипов, 1979). В рамках этой теории В.Н.Соколовым (1988) впервые были проведены экспериментальные исследования прочности индивидуальных контактов между глинистыми частицами и изучено влияние на них различных факторов, были выполнены прецизионные эксперименты по прямому измерению сил сцепления в контактах между минеральными частицами в разных физико-химических условиях. Это позволило объяснить особенности коагуляционного структурообразования в глинистых грунтах.

Теория строения грунтов – система номологических высказываний и теоретических положений, отражающих морфологические инженерно-геологические особенности строения грунтов. Другая основная теория, объединяющая ряд вспомогательных теорий (см. табл. 7.2). В отличие от вышерассмотренной теории формирования строения грунтов, здесь рассматриваются в основном морфологические особенности строения, а не его генезис. В её состав также входят вспомогательные теории и номологические высказывания.

Теория гранулометрии грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений, классификаций и номологических высказываний о гранулометрическом составе грунтов. По замечанию Л.Б.Рухина (1947), основы гранулометрического анализа были заложены еще древними греками. В конце XVII века появились первые гранулометрические классификации песков, а также первые описания гранулометрического анализа путем отмучивания. В 1805 г. Д.Дэви описал гранулометрический анализ с применением сит и отмучивания. Однако рубежными для гранулометрии стали работы Д.Г.Стокса (1951), после чего гранулометрия стала активно развиваться.

В разработку теории гранулометрии грунтов внесли вклад А.Н.Сабанин (1903), П.А.Земятченский, В.В.Охотин, Н.А.Фигуровский (1948), Н.Н.Иванов, С.С.Морозов, П.Ф.Мельников (1956), Е.М.Сергеев, Н.А.Качинский (1958), В.П.Петелин[1], В.Т.Трофимов и П.И.Фадеев (1984), В.В.Дмитриев, Дж.Сивитски (1991), В.Н.Свальнов, Т.Н.Алексеева (2003, 2005), Е.В.Шеин (2009), Х.Таубнер (2009)[2] и многие др. Теория объединяет теоретические положения о номенклатуре и размере структурных элементов дисперсных грунтов и опирается на ряд гранулометрических классификаций, используемых в инженерной геологии:

Никодим Антонович Качинский (1894-1976)

Павел Фёдорович Мельников (1904-1979)

Пётр Иванович Фадеев (1914-1986)

Классификация структурных элементов В.В.Охотина – характеризующая размер структурных элементов дисперсных грунтов (фракций), выделяемых по признакам изменения свойств при переходе от одной к другой фракции.

Общая гранулометрическая классификация грунтов В.В.Охотина – регламентирует дисперсные грунты по размерам и содержанию их фракций от тяжелых глин до песков пылеватых.

Гранулометрическая классификация крупнообломочных грунтов (по ГОСТ 25100-2011) – регламентирует крупнообломочные грунты по размерам и содержанию их фракций.

[1] Петелин В.П. Гранулометрический анализ донных осадков. – М.: Наука, 1967. – 128 с.

[2] *Taubner H., Roth B., Tippkötter R.* Determination of soil texture: Comparison of the sedimentation method and the laser-diffraction analysis. – Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2009. № 172. Pp. 161–171.

Гранулометрическая классификация гравийных грунтов Н.Н.Иванова – регламентирует гравийные грунты от гравия до гравелистого грунта.

Гранулометрическая классификация песчаных грунтов (по ГОСТ 25100-11) – регламентирует песчаные грунты по размерам и содержанию их фракций.

Николай Александрович Фигуровский (1901-1986)

Евгений Викторович Шеин

Виктор Викторович Дмитриев

Гранулометрическая классификация песчаных грунтов Е.М.Сергеева – регламентирует песчаные грунты по размерам и содержанию их фракций.

Гранулометрическая классификация лёссовых грунтов С.С.Морозова – регламентирует лёссовые и лёссовидные грунты по размерам и содержанию их фракций.

Гранулометрическая классификация глинистых грунтов В.Д.Ломтадзе – регламентирует глины от тяжелых до сильнопесчаных пылеватых (алевритистых).

Гранулометрическая классификация почв Н.А.Качинского – регламентирует почвы по размерам и содержанию их фракций, применяется также к глинистым грунтам.

Кроме того в этой теории учитываются и другие гранулометрические классификации, в том числе принятые за рубежом (Грунтоведение, 2005).

Гранулометрический состав грунтов описывается интегральными (f_1) или дифференциальными (f_2) кривыми, которые представляют собой математические функции – зависимости относительного содержания частиц Z (в % по массе) меньше данного размера D (в мм) или, соответственно, относительного содержания фракций $Z_ф$ (в % по массе) от размера этих фракций ($D_ф$ в мм):

$$Z = f_1(D) \text{ или } Z_ф = f_2(D_ф).$$

Статистическая обработка большого количества данных по гранулометрическому составу различных грунтов показала, что наиболее подходящей функцией, описывающей интегральные кривые гранулометрического состава (с коэффициентом корреляции r=0,98) является сложная степенная функция вида

$$Z = \frac{ab + cD^d}{b + D^d},$$

где Z – количественное содержание частиц, меньше данного размера D, %; D – размер частиц, мм; a, b, c, d – коэффициенты, зависящие от дисперсности и отсортированности грунта.

Теория гранулометрического состава грунтов выполняет описательную (номенклатурную), объяснительную и предсказательную функции.

Закон Стокса – закон свободного падения тел (частиц) в жидкой среде. Установлен английским математиком и гидродинамиком Дж.Стоксом в 1851 г. Согласно закону Стокса скорость падения частиц в воде при свободном осаждении

$$V_s = \frac{2}{9}\frac{r^2 g(\rho_p - \rho_f)}{\mu},$$

где V_s – в м/с; g – ускорение свободного падения, м/с^2; r – радиус частиц, м; $\rho_м$ и $\rho_в$ – плотность соответственно частиц и воды, г/см^3; μ – вязкость воды, Па·с. В настоящее время при определении гранулометрического состава глинистых пород методами отмучивания пользуются только законом Стокса, как наиболее полно учитывающим условия осаждения частиц (Ломтадзе, 1999).

На основе теории гранулометрии грунтов разработаны нормативные документы по определению гранулометрического состава грунтов (ГОСТ 12536-79 и др.).

Тем не менее, несмотря на длительность разработки, теория гранулометрии грунтов еще далека от своего завершения – имеется ряд еще не решенных проблем, которые требуют свой разработки[1]: 1) каков наиболее оптимальный способ подготовки грунта к гранулометрическому анализу? 2) как оценить размер частиц с учетом их неправильной формы?

Теория строения скальных грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений, классификаций и номологических высказываний о строении скальных грунтов. В рамках данной теории рассматриваются инженерно-геологические особенности строения скальных грунтов, включая их структуры и текстуры (Грунтоведение, 2005).

[1] Трофимов В.Т., Королев В.А., Николаева С.К. К вопросу об определении гранулометрического состава грунтов лазерным анализатором. – Инж. изыскания, 2014, № 5-6 , с. 29-35.

В разработку данной теории внесли вклад Г.А. Голодковская, Н.С.Красилова (1985), В.М.Ладыгин (1985), В.Н.Мазаник, М.Матула, Р.В.Медведев, Л.Мюллер, В.Е.Ольховатенко, Ю.В.Фролова и др. Несмотря на многочисленные исследования в рамках этой теории ее окончательное оформление еще далеко от завершения.

Нина Сергеевна Красилова

Владимир Михайлович Ладыгин

Юлия Владимировна Фролова

В состав теории входит понятийная база, номологические высказывания, а также классификации подразделения массивов скальных грунтов по степени сплошности (ГОСТ 25100-2011, табл.Г.1), по степени экзогенного изменения от разгрузки и выветривания (ГОСТ 25100-2011, табл. Г.2), по показателю качества грунта в массиве RQD (ГОСТ 25100-2011, табл.. Г.4), по размеру и форме блоков отдельностей (ГОСТ 25100-2011, табл. Г.5) и др.

Основные положения этой теории включают следующие позиции: 1) строение (структуры и текстуры, соотношение компонентов) магматических грунтов зависит от условий кристаллизации; 2) строение метаморфических грунтов определяется типом метаморфизма; 3) строение осадочных скальных грунтов зависит от условий осадконакопления; 4) строение скальных грунтов изменяется под влиянием комплекса природных ЭГП и техногенных воздействий; 5) вторичные изменения часто наследуют признаки первичного строения грунтов.

Теория строения дисперсных грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений, классификаций и номологических высказываний о строении дисперсных грунтов. В рамках данной теории рассматриваются инженерно-геологические особенности строения различных дисперсных грунтов, включая их структуры и текстуры (Грунтоведение, 2005).

В разработку данной теории внесли вклад И.М. Горькова, А.К.Ларионов, В.И.Осипов, В.Н. Соколов и др. Несмотря на многочисленные исследования в рамках этой теории ее окончательное оформление также еще далеко от завершения.

В состав теории входит понятийная база, номологические высказывания, а также классификации.

Теория строения мёрзлых грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений, классификаций и номологических высказываний о строении мёрзлых грунтов. В рамках данной теории рассматриваются инженерно-геологические особенности строения мёрзлых грунтов, включая их структуры и текстуры (Грунтоведение, 2005). В разработку данной теории внесли вклад Э.Д.Ершов и др.

Таким образом, вышерассмотренные теории и номологические высказывания и составляют теорию строения грунтов в целом.

7.4. Закономерности, законы и теории свойств грунтов

В современном грунтоведении различные свойства грунтов изучены наиболее полно, для них установлены многочисленные закономерности и законы, которые и составляют содержание теории свойств грунтов.

Теория свойств грунтов – система теоретических положений, закономерностей и законов, характеризующих инженерно-геологические особенности проявления различных свойств грунтов и управление ими.

В настоящее время теорию свойств грунтов можно представить в виде системы основных и вспомогательных теорий, показанных на рис. 7.7. Здесь область I охватывает общую (2) и все вспомогательные (3-8) теории, которые занимают положения включения с (1) и пересечения с (8). Остающаяся область (1а) представляет собой системообразующие положения теории свойств.

В эту теорию (1) объединяются собственные законы, закономерности и основные теории грунтоведения, объясняющие и описывающие различные свойства грунтов: химические, физико-химические, физические, физико-механические и биотические. Подчеркнем, что это законы проявления свойств грунтов, а не законы формирования этих свойств, которые рассматриваются отдельно (см. раздел 7.7).

На первом месте среди основных теорий стоит общая теория свойств грунтов, характеристика которой дается ниже.

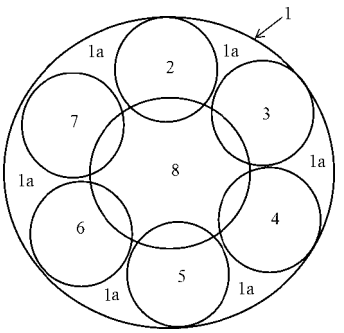


Рис. 7.7. Структура теории свойств грунтов: 1 – теория свойств грунтов; 2 – общая теория свойств грунтов; 3 – теория химических свойств грунтов; 4 – теория физических свойств грунтов; 5 – теория физико-химических свойств грунтов; 6 – теория физико-механических свойств грунтов; 7 – теория биотических свойств грунтов; 8 – теория управления составом, строением, состоянием и свойствами грунтов

Общая теория свойств грунтов – система теоретических положений, классификаций и номологических высказываний о свойствах грунтов в целом. В неё входит несколько вспомогательных теорий, рассматривающих общие вопросы систематизации свойств, их проявления, инженерно-геологических особенностей и т.п., а также два закона, рассматриваемых ниже (табл. 7.5).

Закон о неоднородности свойств грунтов – грунты на разных масштабных (иерархических) уровнях от минералов до грунтовых массивов характеризуются случайной или закономерной неоднородностью их свойств, что обусловлено случайными или закономерными изменениями пространственных условий его формирования (формулировка В.А.Королева).

Закон является следствием вышеприведенного общего закона неоднородности грунтов. В соответствии с ним любые инженерно-геологические свойства грунтов зависят отчасти закономерно, отчасти случайным образом от пространственных координат. Поэтому каждое свойство имеет две компоненты: функциональную и статистическую, что может быть описано выражением

$$u = f(x,y,z) + \xi,$$

где u – значение изучаемого свойства; x, y, z – координаты пространства; $f(x,y,z)$ -функциональная (закономерная) составляющая; ξ – статистическая составляющая u (случайные отклонения, не зависящие от координат).

Одной из основных задач обработки результатов испытаний является выделение функциональной и статистической составляющих исследуемой характеристики. Правильное использование статистических методов позволяет в сжатом виде представить всю информацию, содержащуюся в большом объеме экспериментальных данных.

Таблица 7.5

Система общей теории свойств груитов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Общая теория свойств грунтов	Теория систематики свойств грунтов	В.А.Королев (1996), Грунтоведение (2005)
	Теория оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях	И.Г.Коробанова (1969) и др.
	Теория изменчивости инженерно-геологических свойств пород	Г.К.Бондарик (1971), Е.Н.Иерусалимская и др.
	Теория термодинамики грунтов	В.А.Королев (1990), Б.Н.Достовалов, Э.Д.Ерщов, С.С.Вялов, И.А.Комаров (1999) и др.

Закон унаследованности свойств грунтов – химические, физико-химические, физические, физико-механические и биотические свойства грунтов, меняющиеся как в процессах прогрессивного литогенеза (диагенеза, пост-, ката- и метагенетических преобразований), так и в процессах регрессивного литогенеза (выветривания, эпигенеза) частично сохраняют свои некоторые реликтовые (первоначальные) признаки, доля которых закономерно уменьшается по мере увеличения степени преобразования (формулировка ВА.Королева). Данный закон является следствием из более общего закона унаследованности признаков грунтов (см. выше).

Теория систематики свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний, классификаций и теоретических положений о систематике свойств грунтов в инженерно-геологических целях. В разработку этой теории внесли вклад Г.Я.Новик и М.Г.Зильберштмидт (1994), В.А.Королев (1996, 2005), В.Т.Трофимов (2003).

Систематика свойств грунтов в инженерно-геологических целях В.А.Королева – классификация, в которой свойства грунтов объединяются в классы (химические, физико-химические, физические, физико-механические и биотические) и подклассы по природе, затем выделяются типы, в пределах которых – группы свойств и их показатели. Выделены три группы свойств: 1) ёмкостные (характеризующие поглощение, накопление, содержание или отдачу чего-либо); 2) транспортные (характеризующие проницаемость, проводимость или сопротивляемость чему–либо) и 3) критические (при достижении предела которых происходит качественное изменение состояние грунта) (Грунтоведение, 2005).

Теория оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теорети-

ческих положений об инженерно-геологической оценке осадочных пород. Основы теории разработаны И.Г.Коробановой (1969).

Теория изменчивости инженерно-геологических свойств пород – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений об пространственно-временной изменчивости свойств грунтов. Разработана Г.К.Бондариком и Е.Н.Иерусалимской (1971).

Теория термодинамики грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о применении термодинамики к оценке свойств и состояния различных грунтов, термодинамических закономерностях проявления этих свойств и происходящих в них процессах. Разработана для немёрзлых грунтов В.А.Королевым (1990)[1], для промерзающих и мёрзлых грунтов – Б.Н.Достоваловым, Б.А.Савельевым, Э.Д.Ершовым, С.С.Вяловым, И.А.Комаровым (1999)[2] и др.

Термодинамика, как наука о закономерностях превращения энергии, применима к объектам различных наук, включая геологию и инженерную геологию. В этой связи она применима к анализу проявления различных свойств грунтов, который реализуется на базе фундаментальных законов равновесной и неравновесной термодинамики (Королев, 1990). С помощью термодинамики удается в наиболее общем виде охарактеризовать грунты как термодинамические системы, их компонентный состав и состояние (равновесное, неравновесное), проявление различных свойств и ход в них процессов массо- и энергообмена, в том числе – важных для инженерной геологии. Эти положения и составляют содержание теории термодинамики грунтов.

[1] Королев В.А. Термодинамика дисперсных немёрзлых грунтов. / Автореф. дисс.....докт.г.-м.н. – Москва, МГУ, 1990.

[2] Комаров И.А. Термодинамика промерзающих и мёрзлых дисперсных пород. / Автореф. дисс.... докт.г.-м.н. – Москва, МГУ, 1999.

Таким образом, представленные выше вспомогательные теории и номологические высказывания составляют общую теорию свойств грунтов, которая дополняется частными теориями, характеризующими отдельные свойства грунтов, рассматриваемыми ниже.

Ирина Григорьевна Коробанова

Эдуард Дмитриевич Ершов (1940-2009)

Илья Аркадьевич Комаров

7.4.1. Закономерности, законы и теория химических свойств грунтов

Теория химических свойств грунтов – основная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке химических свойств грунтов. В рамках этой теории объединяются представления о грунтах как о химических компонентах (веществах), которые могут вступать между собой, иными грунтами и внешними телами в те или иные химические реакции, влияющие на изменение состава, состояния и свойств грунтов и инженерно-геологических условий. В разработку этой теории внесли вклад Е.В.Аринушкина, Л.А.Воробева (1995), П.А.Крюков, Е.Н.Самарин, П.-Г. Спозито и др.

Система теории химических свойств грунтов представлена в табл. 7.6. Она объединяет ряд вспомогательных теорий, а также номологические умозаключения об инженерно-геологических особенностях различных химических свойств грунтов.

Инженерно-геологическая оценка химических свойств грунтов предполагает: 1) анализ растворимости грунтов, как возможного негативного процесса, влияющего на устойчивость сооружений; 2) рассмотрение кислотно-основных свойств грунтов, влияющих на возможное развитие негативных процессов, влияющих на устойчивость сооружений; 3) оценку химической агрессивности грунтов, влияющей на сохранность и устойчивость инженерных сооружений. В этой связи эти три группы вопросов рассматриваются в рамках трёх вспомогательных теорий, характеризуемых ниже.

Теория растворимости грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке растворимости грунтов. В рамках этой теории рассматриваются особенности растворимости грунтов, влияющие на оценку инженерно-геологических условий территорий и строительство различных инженерных сооружений (Грунтоведение, 2005).

Таблица 7.6

Система теории химических свойств грунтов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория химических свойств грунтов	Теория растворимости грунтов	Грунтоведение (2005)
	Теория кислотности и щелочности грунтов	Е.Н.Самарин и др.
	Теория химической агрессивности грунтов	В.В.Притула, Грунтоведение (2005)

Теория кислотности и щелочности грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке проявления кислотности или щелочности грунтов. В рамках этой теории рассматриваются особенности кислотно-основных свойств грунтов, влияющих на многие процессы в них, а также проявление ими химической агрессивности (см. ниже). В разработку этой теории внесли вклад В.А.Притула, В.В.Притула, Е.Н.Самарин и др.

Теория химической агрессивности грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке проявления химической агрессивности грунтов.

Основным химически активным агентом грунтов является их поровой раствор, содержащий обычно различные химические вещества, придающие грунту в целом кислотные или щелочные свойства. По этой причине грунты, взаимодействующие с иными внешними телами (строительными конструкциями, фундаментами, трубопроводами и т.п.) будут оказывать на них то или иное агрессивное химическое действие. В этой связи выделяется рад видов химической агрессивности грунтов: щелочная, бикарбонатная, сульфатная и т.п. На основе этой теории разработаны регламенты оценки различных видов химической агрессивности грунтов. Таким образом, вышерассмотренные теории и номологические высказывания составляют суть теории химических свойств грунтов.

7.4.2. Закономерности, законы и теория физико-химических свойств грунтов

Теория физико-химических свойств грунтов – основная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке физико-химических свойств грунтов, т.е. обусловленных поверхностными физико-химическими явлениями на границах раздела фаз (компонентов) грунта. В эту теорию объединяются вспомогательные теории, характеризующие какие-либо физико-химические свойства грунтов: адсорбционные, ионно-обменные, адгезионные, липкость, диффузионные, осмотические, капиллярные, набухаемость, усадочность и водопрочность грунтов.

Таблица 7.7

Система теории физико-химических свойств грунтов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория физико-химических свойств грунтов	Теория двойного электрического слоя грунтов	Р.И.Злочевская (1969), В.А.Королев (1988, 2015)
	Теория адсорбционных свойств грунтов	Ф.Д.Овчаренко, Ю.И.Тарасевич, Е.М.Сергеев
	Теория ионного обмена в грунтах	К.К.Гедройц
	Теория адгезии и липкости грунтов	В.Я.Калачев
	Теория капиллярных свойств грунтов	М.Н.Гольдштейн, В.А.Королев
	Теория диффузионно-осмотических свойств грунтов	И.А.Брилинг, А.Н.Галкин, В.А.Королев, В.С.Лукина
	Теория электроповерхностных и электрокинетических свойств грунтов	Р.И.Злочевская (1969), В.А.Королев (1988, 2015)
	Теория набухания грунтов	Р.И.Злочевская, Л.И.Кульчицкий, Р.Э.Дашко, В.И.Дивисилова, Л.В.Передельский, В.П.Ананьев (1973)
	Теория липкости грунтов	В.Я.Калачев
	Теория усадки грунтов	Л.И.Кульчицкий, Л.В.Передельский, В.П.Ананьев (1973)
	Теория водопрочности грунтов	

Кроме того, в эту же теорию входит и теория двойного электрического слоя (ДЭС) грунтов, играющая важную связующую роль во многих из вспомогательных теорий, поскольку наличие и особенности ДЭС определяют в грунтах многие из физико-химических свойств. Структура этой теории представлена в табл. 7.7.

Теория двойного электрического слоя в грунтах – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний о строении, особенностях ДЭС в грунтах и их влиянии на свойства грунтов.

В краткой форме суть этой теории состоит в том, что твердые частицы грунтов окружены слоем ионов, образующих двойной электрический слой (ДЭС), который выполняет многочисленные функции: контролируя взаимодействие соседних частиц друг с другом, ДЭС определяет особенности структурных связей и структурообразования грунтов в зависимости от физико-химических условий среды (состава и концентрации электролита порового раствора и т.п.), определяет особенности ионного обмена, влияет на формирование большинства физико-химических и физико-механических (деформационных, прочностных и реологических) свойств дисперсных грунтов и т.п.

Рената Исааковна Злочевская

Авторство этой теории коллективное – в её разработку внесли вклад многие ученые-грунтоведы, почвоведы и физико-химики, в том числе Р.И.Злочевская (1969) и В.А.Королев (1988, 2015) и др. При этом теория двойного электрического слоя в грунтах является во многом приложением более общей теории – теории двойного электрического слоя (теории ДЭС) дисперсных систем, основы которой были заложены во второй половине XIX века работами физико-химиков Г.Квинке, Г.Гельмгольца и Ж.Б.Перрена и развитые позже (конец XIX-начало XX в.) работами Л.Ж.Гуи, Д.Чепмена и затем О.Штерна и Д.Грэма.

Многочисленные экспериментальные исследования, проводимые еще в конце XIX – первой четверти XX века отечественными и зарубежными почвоведами и грунтоведами показали, что теория ДЭС полностью применима к дисперсным грунтам, несмотря на слабую изученность в то время особенностей ДЭС в различных грунтах. Однако последующие экспериментальные исследования особенностей ДЭС в дисперсных грунтах разных типов (глинах, суглинках, супесях, песках), в грунтах различного генезиса и разного химико-минерального состава, проведенные в середине-конце XX века грунтоведами, позволили выявить основные закономерности формирования ДЭС в грунтах и сформулировать теорию двойного электрического слоя в грунтах.

Таким образом, несмотря на то, что теория ДЭС в грунтах формировалась как приложение более общей теории ДЭС непосредственно к грунтам, в настоящее время она является вполне самостоятельной научной инженерно-геологической теорией, имеющей важное методологическое значение, прежде всего, для грунтоведения. С помощью этой теории объясняется изменение структуры, структурообразования, а также многих физических, физико-химических и физико-механических свойств грунтов при изменении физико-химических условий среды (номологически-объяснительная способность теории); с её помощью открываются новые особенности и закономерности дисперсных грунтов (эвристическая способность теории); также с её помощью можно заранее предсказать поведение дисперсных грунтов при изменении внешних и внутренних условий (предсказательная способность теории); на базе этой теории можно регулировать строение и свойства дисперсных грунтов (прагматическая способность теории) и т.п. Таким образом, в целом и эта теория отвечает, если не всем, то подавляющему большинству требований, предъявляемым к научным теориям и поэтому также по праву может называться научной теорией.

Общие закономерности изменения толщины ДЭС в дисперсных грунтах представлены на рис. 7.8 в виде обобщенной схемы, из которой следует, что путем регулирования внутренних и внешних факторов, влияющих на параметры ДЭС, можно управлять особенностями ДЭС, а, следовательно – структурообразованием, физическими и физико-химическими свойствами грунтов, зависящими от этих параметров (водопроницаемостью, емкостью катионного обмена, набуханием, усадкой и др.). Эти же закономерности можно выразить функцией (*f*) – зависимостью толщины ДЭС (δ) от ряда независимых переменных грунта:

$$\delta = f\left(\frac{\psi_0, \varepsilon, T}{C, Z}\right),$$

где – ψ_0 – потенциал твердой поверхности (фазовый потенциал); ε – диэлектрическая постоянная порового раствора грунта; T – температура; C – концентрация электролита порового раствора грунта; Z – заряд (валентность) ионов ДЭС.

Теория адсорбционных свойств грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке адсорбционных свойств грунтов и их особенностях. В рамках этой теории рассматриваются закономерности адсорбции грунтами различных веществ (газов, жидкостей и др.), важные для инженерно-геологических целей. При этом теория адсорбционных свойств грунтов во многом является приложением более общих теорий локализованной адсорбции – теории Лэнгмюра, теории БЭТ, теорий Поляни, М.М.Дубинина и др. (Грунтоведение, 2005).

Рис.7.8. Обобщенная схема закономерностей изменения параметров ДЭС в грунтах

В теории адсорбции грунтов важное место занимает раздел, касающийся адсорбции грунтами воды и устанавливающий закономерности этого процесса. В разработку этого раздела внесли вклад Ф.Д.Овчаренко, Е.М.Сергеев (1944), Ю.И.Тарасевич (1981), В.А.Королев (1989) и многие др. Значительно в меньшей степени изучены закономерности адсорбции грунтов из растворов тяжелых металлов, радионуклидов (работы С.В.Нерпина, В.А.Никашиной, И.Б.Серовой, Н.А.Тихонова и др.), органических веществ и др.

Теория ионно-обменных свойств грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке ионно-обменных свойств грунтов и их особенностях. В рамках этой теории рассматриваются закономерности ионного обмена в дисперсных грунтах и их ёмкости катионного обмена (СЕС), важные для инженерно-геологических целей.

Иван Николаевич Антипов-Каратаев
(1888-1965)

В разработку этой теории основополагающий вклад внес российский почвовед К.К.Гедройц (1872-1932), установивший количественные закономерности ионного обмена в почвах (см. Грунтоведение, 2005, с. 317-318). Кроме того, существенный вклад в теорию ионного обмена в грунтах внесли Г.Вигнер, Н.И.Горбунов, Б.П.Никольский, Е.Н.Гапон, И.Н.Антипов-Каратаев, С.С.Морозов, Ф.Д.Овчаренко, Ю.А.Кокотов, Н.Ф.Челищев, В.Велли, Г.Гейнс, Г.Томас, Р.Баррер, П.Г.Спозито и др.

Владимир Яковлевич Калачев
(1940-1996)

Теория адгезии и липкости грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке адгезионных свойств и липкости грунтов и их особенностях. В этой теории рассматриваются закономерности адгезии (аутогезии, когезии и др.) грунтовых частиц, имеющие инженерно-геологическое значение. В значительной мере эта теория является приложением к грунтам более общей физико-химической теории – теории адгезии дисперсных частиц (Зимон, 1976). Частью этой теории является теория кольматации грунтов, особенно активно разрабатываемая грунтоведами в 1950-е гг. (работы Е.М.Сергеева и др.).

Другой частью этой теории является теория липкости грунтов, рассматривающая закономерности прилипания грунтов к внешним предметам. В разработку этой теории внесли вклад В.В.Охотин, В.Я.Калачев (1940-1996), В.Т.Трофимов и др.

Величина липкости грунтов (L) зависит от многих факторов и в общем виде характеризуется функцией:

$$L = f\left(\frac{d,\delta,\varepsilon,v,P}{C,T,Z,\theta}\right),$$

где d – дисперсность грунта; δ – толщина ДЭС; ε – диэлектрическая проницаемость порового раствора; v – скорость отрыва штампа от грунта; Р – давление на штамп; С – концентрация электролита порового раствора грунта; Т – температура; Z – валентность (заряд) ионов ДЭС; θ – краевой угол смачивания жидкостью твердой фазы грунта. Явный вид этой функции в грунтах пока не установлен.

Также разработан ряд классификаций для подразделения грунтов по величине липкости (табл. 7.8).

Таблица 7.8

Подразделение грунтов по величиие липкости (по ГОСТ 25100-2011)

Разновидность грунтов	Липкость (прилипаемость) L, кПа
Неприлипаемые	$L \leqslant 5$
Слабоприлипаемые	$5 < L \leqslant 10$
Среднеприлипаемые	$10 < L \leqslant 25$
Сильноприлипаемые	$L > 25$

Теория липкости выполняет описательную (номенклатурную), объяснительную и предсказательную функции.

Теория диффузионно-осмотических свойств грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке диффузии и осмоса в грунтах и их особенностях. В рамках этой теории рассматриваются два различных, но часто взаимосвязанных процесса в дисперсных грунтах – диффузия и осмос.

Теория диффузии в грунтах в значительной мере опирается на более общую теорию диффузии, в основе которой лежат два закона Фика (см. Грунтоведение, 2005, с. 324-325), и является ее приложением.

В обоснование закономерностей диффузии солей в грунтах внесли вклад М.Вольни, А.Мюнц, Г.Годшон, А.Шошин, В.А.Чернов (1935), М.Б. Гилис (1935), Н.А.Комарова (1936), С.А.Долгов (1937), Н.А.Окнина (1970), Л.И.Кульчицкий (1975), И.А. Брилинг (1978), Н.П.Затенацкая, В.И.Сергеев (1993), Т.Г.Макеева (1990), В.А.Королев (1990), А.Н. Галкин (1999), С.А. Чарыкова (2014) и многие др.

Величина эффективного коэффициента диффузии различных веществ в грунтах ($D_{эф}$) зависит от большого числа факторов и в общем виде характеризуется функцией:

$$D_{эф} = f\left(\frac{\chi,D,C,Z,W,n,T}{\delta,d,\rho,\eta}\right),$$

где χ – коэффициент извилистости грунта; D – коэффициент молекулярной диффузии вещества; C – концентрация электролита порового раствора; Z – валентность (заряд) ионов ДЭС; W –влажность грунта; n – пористость грунта; Т – температура; δ – толщина ДЭС; d – дисперсность грунта (оцениваемая как $1/d_c$, где d_c – средний размер частиц); ρ – плотность грунта; η – вязкость порового раствора грунта. Явный вид этой функции для грунтов пока не установлен.

В состав теории входят и закономерности, сопровождающие диффузионное выщелачивание компонентов из грунтов. Так, например, установлено, что направленность химических процессов, сопровождающих выщелачивание незаселенных сарматских глин, в значительной степени зависит от наличия или отсутствия в их составе пирита, окисление которого обусловливает глубокие химические преобразования в ионно-солевом комплексе глин, следствием чего является увеличение содержания в породе гипса, карбонатов, аморфного кремнезема и других химических соединений, способствующих вторичной агрегации грунтовых частиц (Чарыкова, 2014)[1].

Теория осмоса в грунтах рассматривает закономерности осмотического передвижения воды в них при наличии градиента концентрации.

В разработку этой теории внесли вклад Б.Ф.Рельтов, И.А.Брилинг, Н.П.Затенацкая, Р.И.Злочевская, В.А.Королев (1990), А.Н.Галкин (1999), В.С.Лукина и многие др.

Величина коэффициента осмоса в грунтах ($К_{осм}$) зависит от большого числа факторов и в общем виде характеризуется функцией:

$$К_{осм} = f\left(\frac{\delta,d,W,T}{C,Z}\right),$$

где δ – толщина ДЭС; d – дисперсность грунта; W – влажность грунта; Т – температура; C – концентрация электролита порового раствора; Z – валентность (заряд) ионов ДЭС. Явный вид этой функции для грунтов пока не установлен.

Теория капиллярных свойств грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке капиллярных свойств грунтов и их особенностях.

В этой теории обосновываются закономерности капиллярного передвижения воды и др. растворов в грунтах, особенности капиллярной воды, факторы влияющие на капиллярное поднятие воды и др. Данная теория является приложением более общей физико-химической теории – теории капиллярности к грунтам (Грунтоведение, 2005). Теория капиллярности включает в себя формулу Д.Жюрена для высоты капиллярного поднятия, уравнение Т.Юнга для краевого угла смачивания (θ) и закон Лапласа для капиллярного давления $P_{кап}$ (Грунтоведение, 2005). В ее развитие также внесли вклад Дж. Гиббс, П.А.Ребиндер, Б.В.Дерягин, А.Н.Фрумкин, Б.Д. Сумм и др.

В разработку теории капиллярных свойств грунтов внесли вклад П.С.Коссович (1911), Ф.П. Саваренский, П.А.Летунов (1955), А.Т.Герберг, С.В.Нер-

[1] Чарыкова С.А. Закономерности изменения состава и свойств незасоленных сарматских глин при диффузионном вышелачивании. / Автореф. дисс.... канд. г.-м.н. – Екатеринбург, УГГУЮ 2014.

пин (1967), Б.М.Мичурин (1975), И.И.Судницын (1979), В.А.Королев (1990), В.И.Салохин (2001) и многие др. В состав теории входит ряд закономерностей и классификаций (табл.7.9), приводимых ниже.

Высота капиллярного поднятия воды (h_c) в грунтах зависит от многих факторов и в общем виде описывается функцией:

$$h_c = f\left(\frac{d, P_{кап}}{\theta, C, \rho}\right),$$

где d – дисперсность грунта; $P_{кап}$ – капиллярное давление воды; θ – краевой угол смачивания; С – концентрация электролита порового раствора; ρ – плотность воды. Явный вид этой функции в грунтах пока не установлен.

Таблица 7.9

Подразделение грунтов по высоте капиллярного поднятия (по ГОСТ 25100-2011)

Разновидность грунтов	Высота капиллярного поднятия, h_c, м
С малой высотой	$h_c \leqslant 1{,}0$
Со средней высотой	$1{,}0 < h_c \leqslant 2{,}5$
С большой высотой	$h_c > 2{,}5$

Теория электроповерхностных и электрокинетических свойств грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке электроповерхностных и электрокинетических грунтов и их особенностях. В основе этой теории лежат представления о двойном электрическом слое (ДЭС) в грунтах (см. выше). В ней рассматриваются закономерности электроповерхностных свойств дисперсных грунтов, обусловленные наличием в них ДЭС, явления, связанные с ДЭС – поверхностная проводимость, электрокинетические явления 1-го и 2-го рода (электроосмос, электрофорез, потенциал течения, седиментационный потенциал). В значительной мере эта теория является приложением к грунтам более общей теории – теории электрокинетических явлений в капиллярно-пористых системах (Грунтоведение, 2005).

В разработку этой теории внесли вклад многие отечественные и зарубежные грунтоведы: Б.П. Горбунов, Н.Ф.Бондаренко (1973), С.В.Нерпин, Г.Н. Жинкин, Р.С.Зиангиров, Р.И.Злочевская (1969), В.А.Королев (1977, 1988, 1990, 2015), Л.Казагранде, Г.М.Ломизе, Дж.Митчелл, С.С.Морозов, Б.Ф.Рельтов, Б.А.Ржаницын, К.Ф.Редди и др.

Практическое применение теории электроповерхностных явлений в технической мелиорации грунтов, строительстве, добыче полезных ископаемых, сельском хозяйстве, при геофизических работах, а также для решения экологических проблем рассмотрено В.А.Королевым (2015).

В рамках этой теории установлен ряд закономерностей и открытий.

Закономерность изменения потенциала естественного электрического поля горных пород. Формула открытия: «Установлена неизвестная ранее закономерность изменения потенциала естественного электрического поля горных пород под действием механических напряжений, заключающаяся в том, что при увеличении напряжений в зоне перепада давления в массиве горных пород потенциал возникающего при этом электрического поля в каждой точке зоны возрастает по модулю пропорционально среднему локальному напряжению и дилатации кристаллической решетки потенциалобразующих минералов, вызванной наличием заряженных точечных дефектов структуры, и обусловленная направленной диффузией дефектов в поле механических напряжений».

Сергей Владимирович Нерпин (1915-1992)

Георгий Николаевич Жинкин (1917-2010)

Кришна Р. Редди

Авторами открытия данной закономерности (открытия, зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 58) являются Б.Г.Тарасов, В.В.Дырдин, В.В.Иванов, П.В.Егоров, В.М.Колмагоров[1]. Приоритет открытия: 2 июля 1974 г. в части экспериментального обнаружения закономерности и 28 июня 1989 г. – в части её теоретического обоснования[2]. На базе открытия этой закономерности получено авторское свиде-

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 58.

[2] Тарасов Б.Г. и др. Геотектонические процессы и аномалии квазистационарного электрического поля в земной коре. – ДАН СССР, 1990, т. 312, вып. 5.

тельство на способ определения зоны напряженного состояния горного массива на основе измерений изменения потенциала его естественного поля.

Значение этой геофизической закономерности для инженерной геологии определяется возможностью применения данного способа для решения различных инженерно-геологических задач, а также прогнозирования различных геодинамических процессов (в том числе оползней) по данным оценки потенциала естественного электрического поля в массиве.

Теория набухания грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке набухаемости грунтов и её особенностях. В рамках этой теории рассматриваются вопросы природы набухания грунтов, закономерности набухания, факторы, влияющие на набухание грунтов и т.п. Эта теория также во многом является приложением более общей – физико-химической теории набухания дисперсных систем.

В основе теории набухания грунтов лежат представления Б.В.Дерягина о расклинивающем давлении тонких плёнок воды на контактах частиц. Основной вклад в это давление в дисперсных грунтах вносит ионно-электростатическая составляющая, обусловленная отталкиванием одноименных ДЭС вокруг двух соседних частиц. В разработку теории набухания грунтов внесли вклад В.П.Ананьев, А.И.Вайтекунене (1980), Ю.М.Васильев (1964), Р.Э.Дашко (1985), В.И.Дивисилова, Ю.К.Егоров (1996), Р.И.Злочевская, В.А.Королев (1985, 1990), Л.И.Кульчицкий, С.А.Лапицкий, А.М.Монюшко, Ю.И.Олянский (2004)[1], В.И.Осипов (1979), Л.В.Передельский, К.Е.Рогаткина, Е.А.Сорочан, Н.Я.Хархута и многие др. (Грунтоведение, 2005). В состав теории входят понятийная база, закономерности, классификации и теоретические положения.

Величина (степень) набухания дисперсных грунтов (ε_{sw}) зависит от большого числа факторов, в основном влияющих на толщину ДЭС, и в общем виде может быть охарактеризована функцией:

$$\varepsilon_{sw} = f\left(\frac{d,\Gamma,\delta,\rho_0,T}{C,Z,W_0,P,\theta}\right),$$

где d – дисперсность грунта; Г – содержание глинистых минералов с раздвижной кристаллической решеткой; δ – толщина ДЭС; – начальная плотность грунта; Т – температура; C – концентрация электролита порового раствора; Z – валентность (заряд) ионов ДЭС; W_0 – исходная влажность грунта; Р – внешняя пригрузка (давление); θ – краевой угол смачивания жидкости порового раствора. Явный вид этой функции, представляющий собой, по сути, закон набухания грунтов, пока не установлен.

Теория набухания грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

[1] Олянский Ю.И. Закономерности развития процессов набухания и просадки неоген-четвертичных глинистых пород юго-запада Русской платформы / Автореф. дисс... докт. г.-им.наук. – СПб, Горный ин-т, 2004, 52 с.

Классификация процессов набухания глинистых пород – разработана Р.Э.Дашко (1985) на основе природы их взаимодействия с водными растворами различного состава и концентраций. Нормирование грунтов по величине набухания приведено в ГОСТ 25100-2011.

Теория усадки грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке усадочности грунтов и её особенностях.

В этой теории рассматриваются закономерности усадки грунтов, механизм, стадии усадки, факторы, влияющие на неё и т.п. В основе теории – анализ контактных напряжений между частицами, возникающими при дегидратации (высушивании) грунта, в том числе за счет проявления сил поверхностного натяжения в менисках воды и др. Проявление усадки зависит от компонентного состава грунта – соотношения в нем твердой, жидкой и газообразной фаз.

В разработку этой теории внесли вклад В.П.Ананьев, А.И.Вайтекунене (1980), А.А.Васильев, М.Н. Гольдштейн (1973), А.Р.Горлова, Ю.К.Егоров (1996), В.А.Королев (1990), Л.И.Кульчицкий, С.А.Лапицкий, Л.В.Передельский, и многие др. (Грунтоведение, 2005).

Величина линейной (ε_{sh}) или объемной усадки дисперсных грунтов зависит от большого числа факторов, в основном влияющих на толщину ДЭС, и в общем виде может быть охарактеризована функцией:

$$\varepsilon_{sh} = f\left(\frac{d,\Gamma,\delta,W_0,P,T}{C,Z,\rho_0,\theta}\right),$$

где d – дисперсность грунта; Г – содержание глинистых минералов с раздвижной кристаллической решеткой; δ – толщина ДЭС; W_0 – исходная влажность грунта; Р – внешняя пригрузка (давление); Т – температура; C – концентрация электролита порового раствора; Z – валентность (заряд) ионов ДЭС; ρ_0 – начальная плотность грунта; θ – краевой угол смачивания жидкости порового раствора. Явный вид этой функции, представляющий собой, по сути, закон усадочности грунтов, пока не установлен.

С помощью регулирования внутренних и внешних факторов можно управлять усадкой грунтов. Теория усадочности грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория водопрочности грунтов – вспомогательная теория, система теоретических положений и номологических высказываний об инженерно-геологической оценке водопрочности грунтов и её особенностях. В рамках этой теории анализируются закономерности размокаемости грунтов, размягчаемости грунтов и размываемости грунтов (Теор. основы..., 1984, т.2; Грунтоведение, 2005).

В разработку вопросов размокаемости грунтов внесли вклад В.В.Охотин, В.А.Приклонский, В.С. Шаров и др. В основе процесса размягчения грунтов лежит эффект Ребиндера (Ребиндер, 1928) – явление адсорбционного понижения прочности твердых тел при взаимодействии их с ПАВ за счет

снижения при этом поверхностной энергии системы (Грунтоведение, 2005).

В выявление закономерностей размываемости грунтов внесли вклад Т.Г.Жордания (1957), Ц.Е.Мирцхулава, В.В.Звонков (1962), С.Д.Воронкевич, А.С.Девдариани, Г.С.Золотарев, Е.Г.Качугин, Е.Е.Кондратьев, Л.Б.Розовский, С.В.Избащ, В.Н.Славянов и др.

7.4.3. Закономерности, законы и теория физических свойств грунтов

Теория физических свойств грунтов – основная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке различных физических свойств грунтов, т.е. свойств, проявляющихся под влиянием полей различной физической природы.

Система теории физических свойств грунтов представлена в табл. 7.10. Она объединяет ряд вспомогательных теорий, а также номологические умозаключения об инженерно-геологических особенностях плотности грунтов.

Таблица 7.10

Система теории физических свойств грунтов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория физических свойств грунтов	Теория плотности грунтов	Д.Е.Польшин, М.Н.Гольдштейн, Е.М.Сергеев, В.Д.Ломтадзе, В.Т.Трофимов, В.Г.Шлыков и др.
	Теория гидрофизических свойств грунтов	А.Ф.Лебедев, П.И.Шаврыгин, И.В.Яропольский, Е.М.Сергеев (1975), Н.Н.Маслов, И.И.Лиштван, Г.М.Березкина (1970, 1980), Л.И.Кульчицкий (1975), А.М.Глобус (1969, 1983), В.М.Павилонский (1982), В.А.Королев (1990), В.М.Гольдберг, Н.П.Скворцов (1976) и др.
	Теория теплофизических свойств грунтов	П.И.Андрианов (1936), Б.В.Залесский и К.П.Флоренский (1952), С.В. Нерпин и А.Ф.Чудновский (1967), В.Н.Кобранова, Г.Я.Новик, Э.Д.Ершов (1990), В.Г.Чеверёв (1999) и др.
	Теория электрических свойств грунтов	Л.П.Терентьева, С.В.Нерпин, А.Ф.Чудновский (1967), А.А.Ананян, А.Т.Акимов, Б.Н.Достовалов, Р.И.Злочевская, В.А.Королев (1977, 1988), А.И.Поздняков (1996), А.Д.Фролов (1998), В.А.Шевнин и др.
	Теория магнитных свойств грунтов	Ю.Б.Осипов (1968, 1978), В.Н.Кобранова (1986), М.А.Грабовский и др.
	Теория радиационных свойств грунтов	С.В.Нерпин и А.Ф.Чудновский (1967), А.А.Смыслов (1984), Н.А.Титаева (1992), Р.С.Зиангиров, О.П.Медведев, П.С.Микляев (2002, 2015) и др.

Теория плотности грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке плотности грунтов. В данной теории объединяются различные номологические высказывания и теоретические положения об инженерно-геологических особенностях плотности грунтов, ее показателях, факторов формирования и т.п. Значимость этой теории определяется широким использованием показателей плотности грунтов не только в инженерной геологии, но и в различных областях – строительстве, проектировании, геофизике и т.д. В разработку этой теории внесли вклад многие исследователи: Д.Е.Польщин, М.Н.Гольдштейн, Е.М.Сергеев, В.Д.Ломтадзе, В.Т.Трофимов, В.Г.Шлыков и многие др.

Закоиомериость измеиения плотиости твердой фазы магматических грунтов – плотность твердой фазы магматических грунтов увеличивается с возрастанием их основности (Грунтоведение, 2005).

Зависимость плотности грунтов от содержаиия гумуса – с увеличением содержания в грунтах гумуса (или иных органических компонентов) их плотность закономерно снижается.

Теория гидрофизических свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке гидрофизических свойств грунтов, характеризуемых влагоёмкостью, влагоотдачей и водопоглощением, водопроницаемостью, влагопроводностью, термовлагопепеносом и др. В данной теории объединяются различные номологические высказывания и теоретические положения об инженерно-геологических особенностях гидрофизических свойств грунтов, их показателях, влияющих на них факторах и т.п. В разработку этой теории внесли вклад А.Дарси, А.Ф.Лебедев, П.И.Шаврыгин, И.В.Яропольский, Е.М.Сергеев (1975), Н.Н.Маслов, И.И.Лищтван, Г.М.Березкина (1970, 1980), Л.И.Кульчицкий (1975), А.М.Глобус (1969, 1983), В.М.Павилонский (1982), В.А.Королев (1990) и др. Центральное место в этой теории занимает водопроницаемость грунтов, характеризуемая законом Дарси и др. закономерностями.

Закон водопроиицаемости (ламинарной фильтрации, закон Дарси) – скорость (*v) движ*ения воды через пористые горные породы прямо пропорциональна гидравлическому градиенту (*I*): $v = K_ф I$, где $K_ф$ – коэффициент фильтрации грунта, см/с или м/сут (Ломтадзе, 1999).

Один из основных законов гидрогеологии и гидравлики. Данный закон, несмотря на его широкое последующее приложение в разных областях гидравлики и гидротехники, можно рассматривать

как собственный закон гидрогеологии. Закон Дарси, был установлен в 1856 г. французским инженером-гидравликом Анри Дарси (1803-1858). Последний, занимаясь разработкой системы канализации Парижа и изучая скорость фильтрации жидкости в пористой среде под действием градиента давления, установил: "... По-видимому, для песка одного качества, пропускаемый им расход прямо пропорционален напору и обратно пропорционален толщине фильтрующего слоя (грунта).» Формулировка закона, как это было принято в то время первоначально давалась вербально, но затем она приобрела известное математическое выражение.

Именем Дарси названа единица измерения проницаемости пористой среды.

Величина коэффициента фильтрации ($k_ф$) грунтов зависит от большого числа факторов, в основном влияющих на толщину ДЭС (для высокодисперсных грунтов) и структуру грунта, и в общем виде может быть охарактеризована следующей функцией:

$$k_ф = f\left(\frac{k_o,n,Z,C,T}{d,\delta,\rho,\eta,\theta}\right),$$

где k_0 – коэффициент однородности гранулометрического состава; n – пористость; Z – валентность (заряд) ионов ДЭС; C – концентрация электролита порового раствора; Т – температура; d – дисперсность грунта; δ – толщина ДЭС; ρ – плотность грунта; η – вязкость порового раствора; θ – краевой угол смачивания жидкости порового раствора. Явный вид этой функции, представляющий собой, по сути, закон водопроницаемости грунтов, пока не установлен.

Предложен ряд классификаций для оценки водопроницаемости грунтов по коэффициенту фильтрации, в том числе по ГОСТ (табл.7.11).

Регулируя влиянием различных внешних или внутренних факторов, можно в определенных пределах управлять водопроницаемостью как скальных, так и дисперсных грунтов вплоть до ее полной ликвидации.

Таблица 7.11

Подразделение грунтов по коэффициенту фильтрации (по ГОСТ 25100-2011)

Разновидность грунтов	Коэффициент фильтрации $k_ф$, м/сут
Водонепроницаемый	$k_ф \leqslant 0{,}005$
Слабоводопроницаемый	$0{,}005 < k_ф \leqslant 0{,}3$
Водопроницаемый	$0{,}3 < k_ф \leqslant 3$
Сильноводопроницаемый	$3 < k_ф \leqslant 30$
Очень сильноводопроницаемый	$k_ф > 30$

Закон Шези – соотношение скорости турбулентного потока воды (v) и напорного градиента (I):

$$v = K_ф\sqrt{I},$$

где $K_ф$ – коэффициент фильтрации грунта.

Теория водопроницаемости грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория газофизических свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке газофизических свойств грунтов, характеризуемых газопроницаемостью, параметрами диффузии газов, испаряемостью влаги из грунтов и др. показателями.

В разработку этой теории внесли вклад А.А.Ханин, П.Ф.Мельников, В.А.Королев (1990) и др.

Теория теплофизических свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке теплофизических свойств грунтов, характеризуемых их теплоёмкостью, теплопроводностью, температуропроводностью, термическим расширением и морозостойкостью грунтов. Наиболее полно эта теория развита для мёрзлых грунтов, и в меньше мере для талых.

В разработку этой теории внесли вклад В.И.Аксёнов, П.И.Андрианов (1936), В.Т.Балобаев, Д.Блекуэлл, Г.П.Бровка, Б.А.Буханов (2013)[1], И.Н.Вотяков, Р.И.Гаврильев, В.Г.Гольдман, Э.Д.Ершов (1990), Б.В.Залесский и К.П.Флоренский (1952), Н.С.Иванов, К.Клаузер, В.Н.Кобранова, И.А.Комаров, Я.А.Кроник, С.Н.Лосева, Р.Г.Мотенко, С.В.Нерпин и А.Ф.Чудновский (1967). Г.Я.Новик, А.В.Павлов, Г.З.Перльштейн, Ю.А.Попов, В.Г.Чеверёв, Г.А.Череменский и др.

Теория электрических свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке электрических свойств грунтов, характеризуемых их электропроводностью, электрическим сопротивлением, диэлектрической проницаемостью и др. показателями. В состав этой теории также входят теоретические положения о закономерностях поверхностной проводимости в дисперсных грунтах.

Борис Николаевич Достовалов (1895-1977)

В разработку данной теории основной вклад внесли геофизики-электроразведчики (В.Н.Дахнов и др.), а также многие инженер-геологи: Л.П. Терентьева, С.В.Нерпин, А.Ф.Чудновский (1967), А.А.Ананян, А.Т.Акимов, Б.Н.Достовалов, Р.И.Злочевская, В.А.Королев (1977, 1988), А.И.Поздняков (1996), А.Д.Фролов (1998), Т.Г.Филиппова (2003) и др. (Грунтоведение, 2005).

[1] Буханов Б.А. Закономерности изменения теплопроводности газо- и гидратсодержащих пород при различных термобарических условиях. / Автореф. дисс..... канд. г.-м. напук. – М., МГУ, 2013, 24 с.

В рамках этой теории установлены некоторые закономерности и открытия. В целом удельная электропроводность грунтов ($\varkappa$) зависит от большого числа факторов и может быть в общем виде описана функцией:

$$\varkappa = f\left(\frac{\chi, W, C, T}{\rho}\right),$$

где χ – коэффициент извилистости порового пространства грунта; W – влажность грунта; С – концентрация электролита порового раствора грунта; Т – температура; ρ – плотность грунта. Явный вид этой функции пока не установлен.

В глинистых грунтах значительную роль в общей электропроводности играет поверхностная проводимость ($\varkappa_s$), обусловленная проводимостью ионов ДЭС (Грунтоведение, 2005).

Явление эндогенной электрической активности почвы. Формула открытия: «Экспериментально установлено неизвестное ранее явление эндогенной электрической активности почвы, заключающееся в том, что в её поверхностном слое существуют эндогенные (собственные) колебания электрических (окислительно-восстановительных) потенциалов с частотами, существенно большими частоты суточного цикла, величина и характер которых определяются типом почвы и влиянием внешних факторов».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 143) являются В.М.Комаров, В.Ю.Татур, Б.А.Гричушкин и др.[1]. Приоритет открытия: 22 апреля 1999 г. Наряду с почвоведением, данная закономерность имеет значение и для грунтоведения, поскольку аналогичное явление может проявляться не только в почвах, но и иных дисперсных грунтах.

Теория магнитных свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке магнитных свойств грунтов, характеризуемых их магнитной восприимчивостью и намагниченностью. В разработку этой теории внесли вклад Ю.Б.Осипов (1968, 1978), В.Н.Кобранова (1986), М.А.Грабовский и др.

Теория радиационнных свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке радиационных свойств грунтов, характеризуемых их естественной и искусственной радиоактивностью.

В разработку этой теории внесли вклад С.В.Нерпин и А.Ф.Чудновский (1967), А.А.Смыслов (1984), Н.А.Титаева (1992), Р.С.Зиангиров, О.П.Медведев, П.С.Микляев (2002, 2015), Б.Ю.Заболотский (2005) и др.

Таким образом, вышеперечисленные вспомогательные теории и номологические высказывания составляют основную теорию физических свойств грунтов.

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 123.

7.4.4. Закономерности, законы и теории физико-механических свойств грунтов

Теория физико-механических свойств грунтов – основная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений о физико-механических свойствах грунтов и их инженерно-геологической оценке. Система этой теории представлена в табл. 7.12.

Поясним, что рассматриваемая теория отличается от «теории механики грунтов» тем, что она объединяет в себе и теоретические представления традиционной механики грунтов, и представления «физико-химической механики грунтов». Как известно, теоретические представления механики грунтов разрабатывались исходя из того, что грунт рассматривался как некая система механических элементов, окруженных водой и (или) воздухом. При этом взаимодействие между ними осуществляется лишь механическое.

Напротив, теоретические представления в области «физико-химической механики» исходили из того, что грунт это не только механическая система, но и физико-химическая, а между ее элементами осуществляются ещё и физико-химические взаимодействия – молекулярное, ионно-электростатическое, гидратационное и т.п. Поэтому в рамках отечественного грунтоведения физико-химическое направление развивалось, начиная с 1920-х гг., как наиболее обоснованное, и его преимущества не раз подчеркивались М.М.Филатовым, И.В.Поповым, Е.М.Сергеевым (1952, 1971), И.М.Горьковой и многими др. исследователями. Поэтому в представленной схеме (табл. 7.12) отдельно «теория механики грунтов» не выделяется, а все её положения включаются в те или иные разделы вспомогательных теорий.

Теория изменчивости физико-механических свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях изменчивости физико-механических свойств грунтов.

Является частью более общей теории поля геологических параметров, разработанной Г.К.Бондариком (1981) и основана на анализе изменчивости полей геологических параметров, включая и параметры физико-механических свойств грунтов. Разработка этой теории, по мнению А.И.Шеко (1996), является одним из важнейших теоретических достижений грунтоведения конца XX века.

Теория физико-химической механики дисперсных грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о механике дисперсных грунтов на основе физико-химических представлений. В основе этих представлений лежат физико-химические теории – двойного электрического слоя, связанной воды, структурных связей и контактных взаимодействий, капиллярных свойств, набухания и др., рассмотренные выше.

Первым разработчиком этой теории была И.М. Горькова (1963, 1969, 1975), хотя и до её работ отдельные высказывания об учете физико-химиче-

ских процессов при оценке физико-механических свойств грунтов делали М.М.Филатов, И.В.Попов и Е.М.Сергеев (1952). Однако первым крупным обобщением этой теории были именно монографии И.М.Горьковой[1]. Позже эта теория дополнялась и развивалась в работах Е.М.Сергеева, Л.И.Кульчицкого, Р.С.Зиангирова, В.И.Осипова, В.Н.Соколова, В.А.Королева (1990) и многих др. Для мерзлых грунтов данная теория разрабатывалась в работах Э.Д.Ершова, Ю.П.Лебеденко (1988)[2], В.Г.Чеверёва (1999) и др. исследователей.

[1] Горькова И.М. Физико-химические исследования дисперсных осадочных пород в строительных целях. – М.: Стройиздат, 1975. 151 с.

[2] Лебеденко Ю.П. Физико-химическая природа криогенного деформирования дисперсных пород./ Автореф. дисс.....докт.г.-м.н. – Москва, МГУ, 1988.

Таблица 7.12

Система теории физико-механических свойств грунтов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория физико-механических свойств грунтов	Теория изменчивости физико-механических свойств грунтов	Г.К.Бондарик (1981)
	Теория физико-химической механики дисперсных грунтов	И.М.Горькова (1963, 1969, 1975), В.Н.Соколов, Ю.П.Лебеденко (1988) и др.
	Теория деформируемости грунтов	И.М.Горькова (1963, 1969, 1975), И.Г.Коробанова, Р.С.Зиангиров, С.С.Вялов, Н.Н.Маслов, М.Н.Гольдштейн (1972), В.Д.Ломтадзе, Р.Э.Дашко и др.
	Теория просадочности лёссовых грунтов	М.Ю.Абелев, Н.Я.Денисов, И.М.Горькова (1975), Е.М.Сергеев, А.К.Ларионов, Н.И.Кригер, В.И.Крутов, Г.М.Вариниченко (1992), А.В.Минервин, Н.Н.Комиссарова, В.Т.Трофимов и др.
	Теория прочности дисперсных грунтов	И.М.Горькова (1969, 1975), Н.А.Окнина, И.Г.Коробанова (1961), В.И.Осипов, Р.С.Месчан, Н.Н.Маслов, В.Д.Ломтадзе (1970), Р.Э.Дашко и др.
	Теория прочности скальных грунтов	В.Д.Ломтадзе, Н.С.Красилова и др.
	Теория эффективных напряжений в грунтах	К.Терцаги (1925)
	Теория эффективных напряжений на основе физико-химической механики	В.И.Осипов (2012)
	Термокинетическая теория прочности грунтов	С.С.Вялов, В.А.Королев, В.А.Петров и др.
	Теория консолидации грунтов	С.С.Вялов, Ю.К.Зарецкий, Р.Э.Дашко и др.
	Теория реологии грунтов	И.М.Горькова (1975), С.С.Вялов, Ю.К.Зарецкий, В.А.Королев, Р.Э.Дашко и др.
	Теория динамических свойств грунтов	И.М.Горькова (1963, 1969, 1975), О.Я.Шехтер, В.Н.Кутергин (1989), К.А.Кожобаев (1991), Е.А.Вознесенский (2000) и др.

Теория деформируемости грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях деформируемости грунтов и их инженерно-геологическом анализе. В рамках этой теории рассматривается чрезвычайно широкий круг вопросов: упругость (и пластичность) скальных, дисперсных и мёрзлых грунтов, компрессионная сжимаемость дисперсных грунтов (несвязных и связных), деформируемость мёрзлых грунтов. Многие положения этой теории учитывают или основываются на более общих базовых теориях механики, в том числе таких как: 1) теория линейно-деформируемой среды; 2) теория общих упругих деформаций; 3) теория упругости; 4) теория предельного напряженного состояния и др. Все эти теории не являются собственными теориями инженерной геологии или механики грунтов, т.к. носят более общий характер.

Вопросам упругости скальных грунтов посвящены работы Б.В.Байдюка, М.П.Воларовича, Н.С. Красиловой, В.М.Ладыгина, В.Н.Никитина, М.Матулы, В.В.Ржевского, Л.Т.Роман, Ю.В.Фроловой, Л.В. Шаумян, Л.А.Шрейнера, и многих др.

В исследование закономерностей уплотнения и компрессионной сжимаемости грунтов внесли вклад Г.К.Бондарик, А.Г.Бродская, С.С.Вялов, Р.Э.Даш-

ко, Н.Я.Денисов, Ю.К.Зарецкий, Р.С.Зиангиров, В.А.Королев, Е.Б.Кудряшова (2002), Л.И.Кульчицкий, В.Д.Ломтадзе, Т.Лэмб, С.Р.Месчян, Дж.Митчел, Н.В.Орнатский, И.В.Попов, В.П.Приклонский, В.Ф.Разорёнов, Е.М.Сергеев, Э.У.Скэмптон, В.Н.Соколов, М.М.Филатов, Н.А.Цытович, Г.Чилингар и многие др.

В состав этой теории входит ряд законов, закономерностей и классификаций, приводимых ниже.

Николай Васильевич Орнатский (1895-1964)

Лорина Ваграмовна Шаумян

Юрий Константинович Зарецкий

Закон Гука – относительная деформация (ε) прямо пропорциональна приложенному напряжению (σ): σ = Eε, где E – модуль упругости (Юнга). «Это закон упругих тел, каковыми являются горные породы твердые скальные и частично относительно твердые полускальные» (Ломтадзе, 1999). Один из основных законов механики грунтов, который выполняется лишь для малых упругих деформаций и не применим к пластичным грунтам и необратимым деформациям. Является общим законом механики, применимым к различным деформируемым телам, включая и грунты. Таким образом, в инженерной геологии он рассматривается не как собственный закон, а как его приложение.

Закон установлен в 1660 году Робертом Гуком (1635-1703) – английским физиком, инженером и естествоиспытателем при исследовании им деформирования пружин и тонких металлических стержней и вербально формулировался так: «... сила натяжения пружины (стержня) пропорциональна его удлинению», т.е. $F = -k\Delta l$, где F – сила натяжения стержня; Δl – его абсолютная деформация; k – коэффициент упругости (жесткость). Знак минус показывает, что сила действует в направлении, противоположном деформации. Позже закон Гука стал записываться с учетом относительной деформации тела $\varepsilon = \Delta l / l_o$, где l_o – начальная длина стержня, а также нормального напряжения $\sigma = F/S$, где S – площадь сечения стержня в виде: $\sigma = E\varepsilon$.

Поскольку в общем случае напряжения и деформации являются тензорами второго ранга в трехмерном пространстве (имеют по 9 компонент), то с учетом этого применяют обобщенный закон Гука, записываемый в форме:

$$\sigma_{ij} = \sum_{kl} C_{kl}\varepsilon_{ij},$$

где σ_{ij} – тензор напряжений; ε_{ij} – тензор деформаций; C_{kl} – тензор упругих постоянных.

Упругость (как и пластичность) грунтов зависит от большого числа внутренних и внешних факторов. В общем виде зависимость модуля упругости (E) грунтов от действующих факторов может быть охарактеризована функцией:

$$E = f\left(\frac{\rho,}{n,W,T,S_в}\right),$$

где ρ – плотность грунта; n – пористость; W – влажность; T – температура; $S_в$ – степень выветрелости грунта. Явный вид этой функции для разных грунтов пока не установлен.

Закон линейной деформируемости – (по Н.А. Цытовичу), относительная деформация в песчаных и глинистых породах в пределах определенного интервала нагрузок является линейной, а породы в этих пределах нагрузок можно считать линейно деформируемыми телами. Эта зависимость справедлива для самых разнообразных песчаных и глинистых пород и выражает важнейшую общую закономерность их механических свойств (Ломтадзе, 1999).

Закон является частным случаем закона Гука.

Закон уплотнения – один из основных законов механических свойств песчаных и глинистых пород, сформулированный Н.А.Цытовичем при компрессионных испытаниях грунтов. По Н.А.Цытовичу, относительное изменение объема пор песчаных и глинистых пород под нагрузкой прямо пропорционально ее изменению (Ломтадзе, 1999).

Данный закон справедлив лишь для небольших диапазонов нагрузок, поэтому более правильная его формулировка такова: при небольших изменениях уплотняющего давления изменение коэффициента пористости грунта прямо пропорционально изменению давления (Пашкин и др., 2011).

Закономерность изменения электромагнитной эмиссии горных пород при их циклическом нагружении (электромагнитный эффект памяти). Формула

открытия: «Экспериментально установлена неизвестная ранее закономерность изменения активности электромагнитной эмиссии горных пород при их циклическом нагружении (эленктромагнитный эмиссионный эффект памяти), заключающаяся в том, что при нагружении горных пород с возрастающей от цикла к циклу амплитудой силовой нагрузки при достижении максимального значения напряжений предшествующего цикла наблюдается скачкообразное возрастание уровня электромагнитной эмиссии».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 86) являются В.Л.Шкуратник, К.Г.Лыков, В.М.Фарфаронов и А.В.Лавров[1]. Приоритет открытия: 21 февраля 1983 г.[2]. Указанная закономерность может использоваться в инженерной геологии для анализа напряженного состояния массивов горных пород.

Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах. Формула открытия: «Экспериментально установлено неизвестное ранее явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах, заключающееся в том, что при статическом сжатии горной породы с остаточными напряжениями, наряду с главным продольным сжатием и поперечным расширением, происходит скачкообразное и знакопеременное изменение деформаций, обусловленное нарушением внешней нагрузкой равновесия имеющихся остаточных напряжений и их взаимодействием с напряжениями, образующимися от действия внешних сил».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 90) являются И.Т.Айтматов и К.Т.Тажибаев[3]. Приоритет открытия: 13 июля 1987 г.[4]. Указанную закономерность необходимо учитывать в механике горных пород и при оценке напряженного состояния массивов.

Закономерность деформирования слоистых горных пород при изменении угла приложения нагрузки. Формула открытия: «Установлена неизвестная ранее закономерность деформирования слоистых горных пород при изменении угла приложения нагрузки, заключающаяся в томя. что при приложении нагрузки на слоистые горные породы, например, сланцы, их деформирование увеличивается, проходя через максимум при углах приложения 40°-*50°* к плоскости напластования, а при дальнейшем увеличении угла приложения нагрузки – убывает».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 135) являются А.Н.Зорин, В.Г.Колесников, Ю.М.Халимендик и В.Ю.Халимендик[5]. Приоритет открытия: 1966 г. в части теоретического обоснования[6] и 1999 г. в части экспериментального подтверждения.

Предложен ряд классификаций для подразделения скальных и дисперсных грунтов по деформируемости (табл. 7.13).

Таблица 7.13

Подразделение дисперсных грунтов по деформируемости (по ГОСТ 25100-2011)

Разновидность грунтов	Модуль деформации E, МПа
Очень сильно деформируемые	$E \leqslant 5$
Сильнодеформируемые	$5 < E \leqslant 10$
Среднедеформируемые	$10 < E \leqslant 50$
Слабодеформируемые	$E > 50$

Теория просадочности лёссовых грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях просадочности лёссовых грунтов и их инженерно-геологическом анализе.

В данной теории рассматриваются различные аспекты проявления просадочности лессовых грунтов, её механизм, показатели, факторы, влияющие на величину просадочности и т.п. (Грунтоведение, 2005).

Гани Арифханович Мавлянов
(1910-1990)

Николай Иванович Кригер
(1915-2002)

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 77.

[2] Ржевский В.В., Ямщиков В.С., Шкуратник В.Л., Лыков К.Г., Фарфаронов В.М. Эмиссионные эффекты «памяти» в горных породах. – ДАН СССР, 1983, т. 273, № 5.

[3] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 80.

[4] Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т. Проявление остаточных напряжений в деформации горных пород при их нагружении. // Физика и механика разрушения горных пород. – Фрунзе, Илим, 1987.

[5] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 117.

[6] Зорин А.Н. Исследование смещений пород в горизонтальных выработках глубоких шахт Донбасса с целью более эффективной их эксплуатации.// Автореф. дисс.... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1966, 22 с.

Анатолий Константинович Ларионов (1916-1989)

В разработку этой теории внесли вклад многие инженер-геологи, в том числе М.Ю.Абелев (1948)[1], Ю.М.Абелев, М.Т.Адиков, В.В.Акулова (1994), В.П.Ананьев, Т.В.Андреева, М.Ф.Ачилов, Л.Г.Балаев (1964), Ю.Г.Баландин, С.Д.Балыкова, И.Я.Богданов, В.С.Бондаренко, В.С.Быкова, Г.М.Вариниченко (1992), Н.В.Воляник, Б.Ф.Галай (1992)[2], Б.Б.Галай, Н.Н.Гринь (2007)[3], Н.Я.Денисов, В.А.Ерашов (1995)[4], А.В.Ершова, Р.С.Зиангиров, Р.И.Злочевская, А.И.Исламов, Э.В.Кадыров, А.Д.Кожевников, Н.Н.Комиссарова, Е.П.Конашинская (2002), И.А.Корнеев (2001), В.И.Коробкин, В.А.Королев, Н.Е.Котельникова, Н.И.Кригер, В.И.Крутов, Л.И.Кульчицкий, А.А.Лаврусевич, А.К.Ларионов (рис.7.9), М.П.Лысенко (рис.7.9), Г.А.Мавлянов, Э.В.Мавлянов, А.В.Минервин, Т.П.Мокрицкая, Р.А.Ниязов, Ю.И.Олянский (2004, 2015), М.А.Осипова (2007), Х.Л.Рахматуллаев, Т.Г.Рященко, Е.М.Сергеев, В.Н.Синяков, Е.Н.Сквалецкий, Д.М.Стешенко, Г.А.Сулакшина, Э.И.Ткачук, В.Т.Трофимов, Ш.Э.Усупаев, В.М.Харченко, А.М.Худайбергенов, А.Н.Хуртин (1978), П.В.Царев (1964), А.Н.Чумаченко, Я.Е.Шаевич (1984), М.Ш.Шерматов, Д.Х.Якубов и многие др.

Всеволод Петрович Ананьев

Вопросы, связанные с просадочностью лёссовых пород, многократно обсуждались на научных конференциях различного уровня. Так, например, на Международной научной конференции «Инженерная геология массивов лёссовых пород»[5], которая состоялась на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова 25-26 мая 2004 г. эти вопросы рассматривались в свете новых данных. На конференции участвовали инженер-геологи из России, Узбекистана, Киргизии, Белоруссии и Украины (рис.7.10).

Рис. 7.9. А.К.Ларионов (слева) и М.П.Лысенко, ЛГУ, 1976 г.

На ней были заслушаны и обсуждены доклады по всему комплексу проблем, связанных с лёссовыми породами: 1) Просадочность как характернейшее свойство лёссовых пород; экстремальные величины относительной просадочности, суммарной просадки, мощности просадочной зоны. 2) Просадочность погребенных почв циклично построенных толщ лёссовых пород. 3) Новое в представлениях о генезисе просадочности лёссовых пород. 4) Опорные инженерно-геологические разрезы лёссовых пород. 5) Закономерности развития просадочных деформаций в массивах лёссовых пород. 6) Принципы и опыт строительства на массивах просадочных лёссовых пород.

В состав этой теории входит собственный понятийный аппарат, ряд закономерностей, номологических высказываний и классификаций, приводимых ниже.

Закономерности наибольшей просадочности лёссовых грунтов – просадочность [лёссовых] грунтов в зоне аэрации по глубине изменяется неравномерно: наибольшие величины просадочности лёссов отмечаются под горизонтами погребенных почв (Шешеня, 1986). Эта закономерность установлена для лёссов Украины (города Киев и Одесса, где были вскрыты четыре горизонта погребенных почв), Сибири, Средней Азии, Болгарии (Сергеев, 1978).

Кроме того, просадочность лёссов возрастает в зоне сезонного промерзания и оттаивания (Шешеня, 1986).

Предложены различные классификации для подразделения грунтов по просадочности, среди них – классификация ГОСТ 23161 (табл. 7.14).

[1] Абелев Ю.М. Основы проектирования и строительства на макропористых грнутах. – М., Стройиздат, 1948, 203 с.

[2] Галай Б.Ф. Литогенез и просадочность эоловых лёссов (на примере Центрального Предкавказья) / Автореф. дисс... докт.г.-и.наук. – Москва, МГУ, 1992, 40 с.

[3] Гринь Н.Н. Лёссовые грунты территории города Иркутска и оценка их просадочности. / Автореф. дисс. ... канд. г.-м. наук. – Иркутск, ИЗК СО РАН, 2007. 23 с.

[4] Ерашов В.А. Кластерный анализ в оценке просадочности лессовых пород (на примере г.Волгодонска). / Автореф. дисс.... канд.г-м. наук. – Ростов-на-Дону, Рост.ГАС, 1995, 21 с.

[5] Инженерная геология массивов лёссовых пород / Труды Международной научной конференции (25-26 мая 2004 г., Россия. Москва, МГУ им. М.В.Ломоносова) // Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М., Изд-во Московского университета, 2004, 139 с.

Рис.7.10. Участники Международной научной конференции «Инженерная геология массивов лёссовых пород» (слева-направо): Р.Р.Микашинович, Б.Ф.Галай, В.Т.Трофимов, В.И.Коробкин, МГУ, май 2004 г.

Величина относительной просадочности лёссов зависит от большого числа внутренних и внешних факторов и в общем виде может быть описана следующей функцией:

$$\varepsilon_{sl} = f\left(\frac{n,P,T}{\rho,W_0,S_r}\right),$$

где n – пористость грунта; P – внешнее давление (пригрузка); T – температура; ρ – плотность грунта; W_0 – начальная влажность; S_r – степень влажности грунта. Это уравнение можно считать законом просадочности лёссовых грунтов. Явный вид этой функции для лёссов пока не установлен.

Таблица 7.14

Подразделение глинистых грунтов по относительной деформации просадочности (по ГОСТ 23161)

Разновидность грунтов	Относительная деформация просадочности e_{sl}, д. е.
Непросадочный	$e_{sl} < 0{,}01$
Слабопросадочный	$0{,}01 \leqslant e_{sl} \leqslant 0{,}03$
Среднепросадочный	$0{,}03 < e_{sl} \leqslant 0{,}07$
Сильнопросадочный	$0{,}07 < e_{sl} \leqslant 0{,}12$
Чрезвычайно просадочный	$e_{sl} > 0{,}12$

Таким образом, теория просадочности лёссовых грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория прочности грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях прочности грунтов и их инженерно-геологическом анализе.

Основывается на более общих, так называемых классических (или технических) теориях прочности материалов, относящихся к механике и сопротивлению материалов и использующих различные критерии разрушения (меры прочности), основными из которых являются: 1) теория прочности Галилея (первая теория прочности), критерий разрушения: $R_{сж} = \sigma^* = \text{const}$; 2) теория прочности Мариотта – Сен-Венана (вторая теория прочности) или теория наибольших удлинений (γ), критерий разрушения: $\gamma = \gamma_p = \gamma_{кр} = \text{const}$; 3) теория прочности Кулона (третья теория прочности) или теория наибольшего (критического) касательного напряжения, критерий разрушения: $\tau = \tau_{max} = \tau_{кр} = \text{const}$; 4) теория прочности Мора – сопротивление сдвигу нелинейно зависит от нормального давления (обобщение закона Кулона), критерий разрушения для 3-осного сжатия: $\tau_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$; 5) энергетические теории прочности (теория Бельтрами, теория Гриффитса (см. ниже), теория Губера, теория Мизеса-Генки и др.).

Теория прочности грунтов включает в себя теории прочности, учитывающие особенности разрушения дисперсных и скальных грунтов, рассматриваемые отдельно.

Теория прочности дисперсных грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях прочности дисперсных грунтов и их инженерно-геологическом анализе. В этой теории рассматривается широкий круг вопросов, связанных с закономерностями прочности дисперсных (связных и несвязных) грунтов, её параметрах, факторах, влияющих на прочность и т.п.

Развитие данной теории проходило благодаря работам В.В.Бессонова (2011)[1], И.М.Горьковой, М.Н.Гольдштейна, Н.Я.Денисова, Р.С.Зиангирова, В.А.Королева, В.Д.Ломтадзе, Н.Н.Маслова, С.Р.Месчяна, Дж.Митчелла, В.И.Осипова, Л.Т.Роман, В.Н.Соколова, К.Терцаги, Н.Я.Цытовича и др.

В состав этой теории входит ряд законов и закономерностей, приводимых ниже.

Закон Кулона (закон сопротивления сдвигу) – сопротивление рыхлых несвязных пород сдвигу есть сопротивление трению, прямо пропорциональное нормальному давлению: $\tau = f(\sigma)$. Сопротивление связных глинистых пород сдвигу есть функция первой степени от нормального сжимающего давления $\tau = f(\sigma) + C$, где C – сцепление пород (Ломтадзе, 1999), или $\tau = \sigma \cdot \text{tg}\varphi + C$, где φ – угол внутреннего трения.

Закон открыт в 1781 г. Шарлем Огюстеном Кулоном (1736-1806) – французским военным инженером-строителем и физиком при изучении механизма трения тел и возведении фортификационных сооружений из грунтов. Один из немногих законов, открытых в области механики грунтов, и ставших впоследствии общим законом механики. Широко применяется в инженерной геологии. Теория прочности, основанная на законе Кулона, также называется теорией прочности Кулона.

Закон Мора – сопротивление связных пород сдвигу нелинейно зависит от нормального давления. Это обобщение закона Кулона (см.). (См. Диаграмма

[1] Бессонов В.В. Прочность глинистых и песчаных грунтовых оснований прямоугольных в плане фундаментов с учетом зависимости механических свойств грунта от напряженного состояния. / Автореф. дисс... канд. т.наук. – Барнаул, АлтГТУ, 2001, 23 с.

сопротивления сдвигу, Ломтадзе, 1999). Объединенная теория, основанная на законах Кулона и Мора, называется теорией прочности Кулона-Мора.

Теория прочности грунтов рассматривает влияние как внутренних (зависящих от самого грунта), так и внешних факторов. Среди последних анализируются: вид напряженного состояния; способ приложения напряжений (способ испытаний – сдвиг, растяжение, сжатие, 3-осное сжатие); скорость нагружения; условия дренирования; температура и др. (Грунтоведение, 2005).

Исходя из теории прочности Кулона-Мора, основными показателями прочности грунтов являются угол внутреннего трения (φ) и сцепление (С), величина которых зависит от множества различных факторов и может быть описана в общем виде функциями:

$$\varphi = f_1\left(\frac{K_{ш}}{W,T,K_{ф},d,n}\right) \text{ и } C = f_2\left(\frac{\rho,P_i}{W,T,Z,C_к}\right),$$

где $K_{ш}$ – коэффициент шероховатости поверхности частиц, максимальный для шероховатых и минимальный для гладких поверхностей; W – влажность грунта; Т – температура, $K_{ф}$ – коэффициент формы, учитывающий сферичность частиц; d – дисперсность грунта; n – пористость грунта; ρ – плотность грунта; P_i – прочность единичного (индивидуального) контакта между частицами, максимальная для фазовых и цементационных контактов и минимальная для коагуляционных; Z – заряд (валентность) катионов ДЭС (для глин); $C_к$ – концентрация электролита порового раствора (для глин).

Теория прочности дисперсных грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория прочности скальных грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях прочности скальных грунтов и их инженерно-геологическом анализе. В рамках этой теории рассматриваются природа и закономерности прочности скальных грунтов, факторы, влияющие на их прочность.

В разработку данной теории внесли вклад многие инженер-геологи, в том числе Б.П.Беликов, Г.А.Голодковская, М.Н.Гольдштейн, Н.Б.Дортман, В.Н.Кобранова, Н.С.Красилова, Б.Д.Куюнджич, В.М.Ладыгин, В.Д.Ломтадзе, В.Н.Мазаник, В.Н. Макаров, Н.Н.Маслов, М.Матула, С.Е.Могилевская, Г.Я.Новик, В.Е.Ольховатенко, В.А.Приклонский, В.К.Разумов, В.В.Ржевский, Г.Г.Скворцов, Д.Н.Ставрогин, И.А.Турчанинов, Ю.В.Фролова, С.Н.Чернышов, Л.В.Шаумян и др.

Как и для дисперсных грунтов, теория прочности скальных грунтов рассматривает влияние и внутренних (зависящих от самого грунта), и внешних факторов. Среди последних анализируются: вид напряженного состояния; способ приложения напряжений (способ испытаний – сдвиг, растяжение, сжатие, 3-осное сжатие); скорость нагружения; температура и др. (Грунтоведение, 2005). С.Е. Могилевской[1] установлены закономерности прочности дискретных (трещиноватых) скальных пород при сдвиге по трещинам.

Основные закономерности в рамках данной теории сводятся к следующему: 1) у магматических пород показатели прочности возрастают с увеличением основности; 2) у метаморфических пород прочность растет с увеличением степени их метаморфизма; 3) у осадочных сцементированных карбонатных грунтов прочность растет с увеличением содержания кристаллического кальцита и доломита и уменьшением содержания глинистого материала; 4) у терригенных скальных грунтов прочность растет с возрастанием содержания кварца в обломочной части и составе цемента; 5) существенное влияние на показатели прочности скальных грунтов оказывают вторичные изменения: серпентизация, цеолитизация, карбонатизация, хлоритизация и др. уменьшает прочность, а эпидотизация и окварцевание напротив – повышает; 6) прочность также определяется структурно-текстурными особенностями (размер, форма обломков и кристаллов и т.п.), с ростом пористости, трещиноватости и выветрелости прочность падает.

В состав данной теории также входят классификации и ряд номологических умозаключений, приводимых ниже.

Классификация скальных грунтов по прочности на одноосное сжатие ГОСТ 25100-2011 – регламентирует скальные и полускальные грунты по величине временного сопротивления сжатию в водонасыщенном состоянии (табл. 7.15).

Классификации скальных и полускальных грунтов В.К.Разумова – регламентируют грунты по различным показателям физико-механических свойств и структурным особенностям, подразделяя их на пять классов; оценивают скальные грунты для целей проектирования тоннелей, а также для строительства гидротехнических сооружений (Пашкин и др., 2001, с.329).

Классификации скальных грунтов по «показателям качества» – регламентируют скальные и полускальные грунты по так называемым «показателям качества», для оценки которых используются различные параметры, предложенные разными авторами: показатель качества *RQD* по Д.У.Диру; показатель качества *RMR* по З.Т.Бенявскому и др. (Пашкин и др., 2001).

Прочность на одноосное сжатие (R_c) скальных и полускальных грунтов может быть описана в общем виде функцией:

$$R_c = f\left(\frac{\rho,K_в}{d,n,W,M_{тр},T}\right),$$

где ρ – плотность грунта; $K_в$ – коэффициент выве-

[1] Могилевская С.Е. Теоретические и экспериментальные исследования природы прочности дискретных скальных пород. // Проблемы инж. геологии. Мат-лы научно-мет. Конф., посвященной 85-летию В.Д.Ломтадзе. – СПб., СПб Гос. горный институт, 1998, с. 30-34.

трелости грунта; d – средний (преобладающий) размер кристаллов, зерен и т.п.; n – пористость; W – влажность; $M_{тр}$ – модуль трещиноватости грунта; T – температура. Явный вид этой функции пока не установлен.

Таблица 7.15

Подразделение скальных грунтов по прочности на одноосное сжатие (по ГОСТ 25100-2011)

Разновидность грунтов	Предел прочности на одноосное сжатие R_c, МПа
Скальные:	
Очень прочные	$R_c \geqslant 120$
Прочные	$120 > R_c \geqslant 50$
Средней прочности	$50 > R_c \geqslant 15$
Малопрочные	$15 > R_c \geqslant 5$
Полускальные:	
Пониженной прочности	$5 > R_c \geqslant 3$
Низкой прочности	$3 > R_c \geqslant 1$
Очень низкой прочности	$R_c < 1$

Теория прочности скальных грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Закоиомериость разрушеиия предельно напряженных горных пород при слабых воздействиях. Формула открытия: «Экспериментально установлена неизвестная ранее закономерность разрушения предельно напряженных горных пород при слабых воздействиях, заключающаяся в том, что активизация разрушения горного массива возрастает при слабых (на один и более порядков меньше значения текущего предела прочности) возмущениях его напряженного состояния пропорционально степени разрыхления пород».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 1) являются В.Н.Потураев, А.Н.Зорин, В.В.Виноградов, А.Ф.Булат[1]. Приоритет открытия: 2 января 1985 г. в части установления эффекта и 28 апреля 1988 г. в части установления влияния степени разрыхления горной породы на активизацию разрушения. Данная закономерность установлена при исследовании разрушения горных выработок при разработке угольных месторождений[2]; она также может иметь значение в инженерной геологии месторождений полезных ископаемых.

Закоиомериость разрушения гориых пород в приконтуриой области выработки. Формула открытия: «Установлена неизвестная ранее закономерность разрушения горных пород в приконтурной области выработки, заключающаяся в том, что при разгрузке напряженного породного массива интенсивность разрушения пород в приконтурной области увеличивается с уменьшением пригрузки границы фронта разрушения, обусловленная изменением соотношения компонент напряжений и условий раскрытия трещин в этой области».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 43) являются В.Г.Колесников, Ю.М.Халимендик, А.Т.Курносов, А.В.Шмиголь, М.А.Выгодин[3]. Приоритет открытия: июль 1975 в части формулировки гипотезы и август 1996 г. – в части теоретического обоснования и экспериментального подтверждения открытия[4]. Данная закономерность установлена в области горного дела и угольной промышленности, но может также использоваться в инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, в частности угля.

Закономерность возрастания интенсивности динамической дезинтеграции твердых материалов при воздействии перемеиных частотно-модульных электрических полей. Формула открытия: «Установлена неизвестная ранее закономерность возрастания интенсивности динамической дезинтеграции твердых материалов при воздействии переменных частотно-модулированных электрических полей, заключающаяся в том, что при наложении на дезинтегрируемый материал переменных электрических полей малой мощности (на 2-3 порядка меньше, расходуемой на механическое измельчение, с частотой 10-100 Гц), скорость образования тонких фракций твердых материалов возрастает (до 20% и более)».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 66) являются Г.И.Агафонов, О.А.Болкунов, Г.А.Денисов, В.А.Ивахнюк, Г.К.Ивахнюк, Е.В.Омельченко, А.А.Шевченко[5]. Приоритет открытия: 14 декабря 1995 г.

Несмотря на то, что данная закономерность установлена в области материаловедения и в связи с вибрационной дезинтеграцией твердых материалов, она имеет важное значение и для инженерной геологии, в частности при разработке способов управления состоянием грунтов динамическими методами.

Теория эффективных напряжеиий в грунтах К.Терцаги – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях эффективных напряжений в водонасыщенных грунтах и их инженерно-геологическом анализе. Теория сформулирована К.Терцаги в 1925 г. на основании лабораторных опытов Рендулика и своих собственных экспериментов с водонасыщенным песком и глиной[6].

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 20.

[2] Зорин А.Н., Виноградов В.В., Булат А.Ф. Природы влияния слабых возмущений на состояние горного массива. – Уголь Украины, № 1, 1985.

[3] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 48-49.

[4] Халимендик Ю.М., Зорин А.Н., Колесников В.Г. Научно-техническое обоснование устойчивости выработко на шахтах западного Донбасса. – Уголь Украины, № 5, 1996.

[5] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 63.

[6] *Terzaghi K.* Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage. – Deuticke, Vienna, 1925.

Основные положения этой теории: 1) внешнее напряжение, передаваемое на грунт (σ), частично передается на скелет грунта (σ', эффективное напряжение), а частично – на поровую воду (*u*, поровое давление или гидростатическое напряжение или нейтральное), т.е. $\sigma' = \sigma - u$; 2) именно эффективные напряжения (σ') определяют напряженно-деформированное состояние грунта, его объемное деформирование и прочность независимо от нейтрального напряжения (*u*). Тогда уравнение Кулона с учетом порового давления примет вид: $\tau = \sigma' \cdot tg\varphi + c'$, где c' – удельное сцепление (в терминах эффективных напряжений). Это уравнение называется уравнением Терцаги.

Применимость теории Терцаги к глинистым грунтам и её дискуссионные положения многократно обсуждалась различными авторами. Так, например, А.Скемптон[1] один из первых обратил внимание на несоответствие оценки эффективных напряжений на основе теории Терцаги и эксперимента, считая, что причиной этого является неучет в теории Терцаги истинной площади контакта частиц (a_c). Поэтому в расчет эффективных напряжений он ввел поправку на площадь истинных контактов (a_c):

$$\sigma' = \sigma - (1 - a_c)u,$$

где a_c – отношение площади контактов (S_c) к общей площади (S) приложения нагрузки: $a_c = S_c/S$.

А.Бишоп[2] в 1960 г. попытался распространить идею К.Терцаги на неполностью водонасыщенные грунты, предложив следующее уравнение: $\sigma' = \sigma - u_a + \chi(u_a - u_w)$, где u_a – давление в поровой воде; u_w – давление в поровом воздухе; χ – коэффициент, равный отношению $\chi = a_w/a$, здесь a_w – доля площади приходящаяся на одну частицу, занятая водой. Неопределенность ряда параметров, входящих в это уравнение, делает его гипотетичным.

Другое обсуждение, рассматривающее физический смысл параметров, входящих в уравнение Терцаги, было опубликовано в 1997 г. И.Ф.Радковецом[3]. Исходя из этих данных, теория Терцаги имеет определенные ограничения: она применима к хорошо проницаемым грунтам и не применима к плохо фильтрующим глинистым грунтам, для которых её следует рассматривать как гипотезу.

Анализ эффективны напряжений в водонасыщенных глинистых грунтах с учетом контактных взаимодействий был также проведен в 2005 г. Дж. Митчеллом и К.Согой[4]. Они вывели следующее уравнение: $\sigma a + Aa + A'a_c = ua + Ca_c$, где σ – внешнее напряжение, передаваемое на контакт; а – общая площадь контакта (равная частному от деления площади, на которую передается нагрузка, на число контактов в этой площади); a_c – площадь истинного контакта меду частицами; А – дальнодействующие силы молекулярного и электростатического притяжения; А' – близкодействующие силы притяжения химической связи; *u* – дальнодействующие силы гидростатического отталкивания; С – близкодействующие силы борновского и гидратационного отталкивания. Таким образом, силы притяжения в левой части уравнения уравновешиваются силами отталкивания, стоящими в правой части уравнения. Однако нахождение ряда параметров этого уравнения (например, *A, u,* a_c и др.) представляет определенные трудности, поэтому данное уравнение гипотетично.

Физико-химическая теория эффективных напряжений в грунтах В.И.Осипова – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о физико-химических закономерностях эффективных напряжений в грунтах.

Теория высказана в 2012 г. академиком В.И.Осиповым на докладе в МГСУ и опубликована в монографии[5] и в статьях в 2013 г[6]. Согласно её положениям, теория эффективных напряжений К.Терцаги не учитывает напряжений на контактах частиц грунтов, а поэтому она не применима к дисперсным грунтам, в том числе глинистым в которых нельзя корректно замерить поровое давление. В частности, согласно В.И.Осипову, в теории Терцаги не рассматриваются: 1) особенности распределения напряжений на контактах различных геометрических и энергетических типов, 2) существование на контактах тонких пленок связанной воды, обладающих расклинивающим давлением, 3) развитие на контактах различных процессов физико-химической природы, обусловливающих существование внутренних напряжений, 4) зависимость порового давления от характера порового пространства глин. Поэтому для применимости уравнения Терцаги к глинам В.И.Осипов предложил ввести поправку в уравнение Терцаги, добавив член, учитывающий контактные напряжения с учетом молекулярной, ионно-электростатической и структурной составляющих расклинивающего давления. По сути эта теория – попытка развить идеи Э.У.Скэмптона, А.Бишопа, Дж.Митчелла и др. с учетом представлений физико-химической механики.

Эта теория отличается от известной теории К.Терцаги тем, что грунт рассматривается как структурированная система, в которой действуют внешние и внутренние напряжения гравитационной и физико-химической природы. Напряжения, рассчитанные с учетом внешних и внутренних сил, характеризуют истинные эффективные напряжения, существующие в пористом структурированном теле. Автором рассмотрены обе группы напряжений и даны расчетные формулы для нахождения общих истинных эффективных напряжений (σ') в водонасыщенных и неводонасыщенных грунтах. Для первых $\sigma' = \sigma - u' - \chi\Pi(h)a_c$, где u' – начальный градиент фильтрации («вре*менное*

[1] *Skempton A..W.* Significance of Terzaghi's concept of effective stress // In: From Theory to Practice in Soil Mechanics /Eds. L. Bjerrum, A.Casagrante, R.Peck, and A.W. Skempton. – Wiley, New York. 1960. P.43-53.

[2] *Bishop A.W.* The principle of effective stress. – Norvegian Geotechnikal Institute. 1960. Publication № 32/ P.1-5.

[3] Радковец И.Ф. Об эффективном напряжении в опытах Терцаги. – Геология нефти и газа, 1997, № 4.

[4] *Mitchell J.K. & Soga K.* Fundamentals of soil behavior // Third edition. – John Wiley & Sons, Inc., 2005, 558 p.

[5] Осипов В.И. Физико-химическая теория эффективных напряжений в грунтах / ИГЭ РАН. – М., ИФЗ РАН. 2012. 74 с.

[6] Осипов В.И. Физико-химическая теория эффективных напряжений в грунтах. – Грунтоведение, 2013, №1, с. 3-34; Геоэкология, 2013, № 1, с. 3-24.

поровое давление», определяемое соотношением: $u'=u-u_o$, где u – поровое давление; u_o – *гидростатическое давление);* χ – число контактов в единице площади горизонтальной площадки; П(h) – расклинивающее давление гидратных плёнок; a_c – площадь контакта. Как видно, данное уравнение совпадает по форме с вышеприведенным уравнением А.Бищопа.

Отдельные положения этой теории также гипотетичны, в частности, что связанная вода в грунтах не передает порового давления; не ясно при какой толщине плёнки это может происходить, учитывая тот факт, что в глинистых грунтах их толщина переменна, а свободная вода вообще отсутствует. Наличие начального градиента фильтрации у глин свидетельствует лишь о повышенной вязкости плёнок связанной воды, обусловленной ее аномальным сопротивлением сдвига по сравнению со свободной водой, но не свидетельствует об отсутствии в этих плёнках давления. Кроме того, многие параметры, входящие в предлагаемые уравнения, не поддаются экспериментальной проверке.

Термокинетическая теория прочиости грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о термокинетических закономерностях прочности грунтов и их инженерно-геологическом анализе. Теория является приложением к грунтам более общей теории – термокинетической теории твердых тел, разработанной С.Н.Журковым[1] в 1957 г. В ее основе лежит уравнение Журкова: $t_p=t_o\cdot exp[(U_o-\gamma\sigma)/kT]$, где t_p – долговечность тела; t_o – временная константа, равная периоду теплового колебания атомов тела $\approx 10^{-12}$ – 10^{-13} с; U_o – эффективная энергия активации процесса разрушения; γ – константа, зависящая от структуры тела; σ – приложенное напряжение; k – константа Больцмана; Т – абсолютная температура.

Из основных положений термокинетической теории прочности Журкова следует, что: 1). Разрушение твердых тел — это процесс, развивающийся во времени, а не критическое событие, как полагали раньше. Разрушение — это необратимый процесс, начинающийся при приложении нагрузки и завершающийся распадом тела на части. Необратимость процесса устанавливается опытами с прерыванием действия нагрузки. Суммарно время жизни образца оказывается равным долговечности образца без прерывания опыта. 2). Отрицается физический смысл «предела прочности» как материальной константы. Появление этого понятия легко объясняется на основе временной зависимости прочности, когда при соответственно низких температурах зависимость становится очень резкой, создавая впечатление порогового напряжения. 3). Процесс разрушения состоит в последовательности элементарных актов – разрывов межатомных и межчастичных связей, происходящих термофлуктуационным путем при активирующей роли внешнего напряжения. 4). В реальном теле имеются своеобразные «рычаги», локально резко усиливающие действие внешней силы за счет ее неравномерного распределения по межатомным связям или межчастичным контактам.

Разработка термокинетической теории прочности грунтов состояла в проверке применимости уравнения Журкова к разным типам грунтов и разным условиям испытаний (сжатие, разрыв, сдвиг и т.п.). Применимость данного уравнения к скальным грунтам проверялась В.А.Петровым, Л.Л.Панасьян и др., к мерзлым – С.С.Вяловым (1978), Л.Т.Роман, к глинистым – В.А.Королевым[2]. Эти авторы показали, что общий вид уравнения Журкова сохраняется и в случае различных грунтов, однако в него вводятся некоторые поправочные коэффициенты.

Теория прочности Гриффитса – теория механики, относящаяся к энергетическим теориям прочности (см. выше), рассматривающая энергетику условий разрушения хрупких тел, применимая и для оценки прочности скальных грунтов (Пашкин и др., 2011). В основе теории лежит уравнение Гриффитса, связывающее параметры зарождающейся трещины в разрушаемом хрупком материале и приложенное напряжение: $L = EU/\sigma^2$, где L – критическая длина трещины; U – удельная поверхностная энергия; Е – модуль упругости; σ – растягивающее напряжение. Отсюда предел прочности для сквозных трещин: $\sigma = (EU/L)^{1/4}$, а предел прочности для круговых трещин: $\sigma = (\pi EU/kL)^{1/2}$.

Теория реологии грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях реологии грунтов и их инженерно-геологическом анализе.

В рамках этой теории рассматривается широкий круг вопросов, связанных с деформируемостью грунтов во времени под постоянной нагрузкой: длительной прочностью, ползучестью, релаксацией напряжений, вязкостью грунтов и т.п. Теория реологии грунтов является приложением к грунтам более общей теории – реологии тел, основы которой были заложены Ю.Бингамом (1878-1945). В её состав входит ряд общих законов, приводимых ниже.

Закон Ньютона (для идеально вязких тел) – в таких телах скорость деформации сдвига прямо пропорциональна напряжению сдвига (τ): , где η – вязкость; $= d\gamma/dt$, где t – время. Отсюда вытекает выражение для вязкости: $\eta = \tau/$.

Закон Бингама-Шведова (для пластично-вязких тел) – в таких телах скорость деформации сдвига прямо пропорциональна напряжению сдвига (τ) лишь после превышения им некоторого предельного напряжения (τ_o): $\tau = \tau_o + \eta^*\cdot$, где η^* – эффективная вязкость.

В разработку теории реологии различных грунтов (скальных, дисперсных, мёрзлых) внесли вклад многие инженер-геологи, в том числе А.Бищоп, С.С.Вялов, С.Е.Гречищев, Р.Э.Дашко (1985), Ю.К.Зарецкий, Р.С.Зиангиров, М.Н.Гольдштейн, В.А.Королев, Р.В.Максимяк, Н.Н.Маслов, С.Р.Месчян (1974, 1978), Дж.Митчелл, Л.Т.Роман, Э.У.Скэмптона, Г.И.Тер-Степанян, Н.Н.Хархута, Н.А.Цытович, Л.Шукле и др.

[1] Журков С.Н. Проблема прочности твердых тел, – Вестн. АН СССР, 1957. № 11, 78 ;

[2] *Королёв В.А. и др.* Термокинетический механизм прочности и разрушения водонасыщенных глин // *Инженерная геология*. 1988. № 4. С. 42–55.

Предельное снижение длительной прочности грунтов зависит от ряда внутренних и внешних факторов и в общем виде может быть описано функцией:

$$R_S^{\infty} = f\left(\frac{W,n,T}{P_i,\rho,C}\right),$$

где W – влажность грунта; n – его пористость; Т – температура; P_i – прочность индивидуального контакта; ρ – плотность грунта; С – концентрация электролита порового раствора. Явный вид этой функции для грунтов пока не установлен.

Теория реологии грунтов и отдельные ее разделы выполняют описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория консолидации грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях консолидации дисперсных грунтов и их инженерно-геологическом анализе. Является частью более общей реологической теории – объемной ползучести грунтов. В составе этой теории рассматриваются закономерности консолидации грунтов – т.е. их деформирования во времени под постоянной нагрузкой.

В разработку этой теории внесли вклад многие инженер-геологи, в том числе Г.К.Бондарик, С.С.Вялов, М.Н.Герсеванов, Р.Э.Дашко (1985), Ю.К.Зарецкий, Р.С.Зиангиров, А.Казагранде, В.А.Королев, Л.И.Кульчицкий. Т.Лэмб, Р.В.Максимяк, Д.Е.Польшин, А.Скэмптон, З.Г.Тер-Мартиросян, К.Терцаги, М.М.Филатов, В.А.Флорин, Н.А.Цытович, Л.Шукле и др.

Период первичной (фильтрационной) консолидации ($t_ф$) грунтов зависит от тех же факторов, что и коэффициент фильтрации грунтов:

$$t_ф = f\left(\frac{k_o,n,Z,C,T}{d,\delta,\rho,\eta,\theta}\right),$$

где k_0 – коэффициент однородности гранулометрического состава; n – пористость; Z – валентность (заряд) ионов ДЭС; C – концентрация электролита порового раствора; Т – температура; d – дисперсность грунта; δ – толщина ДЭС; ρ – плотность грунта; η – вязкость порового раствора; θ – краевой угол смачивания жидкости порового раствора. Явный вид этой функции, представляющий собой, по сути, закон фильтрационной консолидации грунтов, пока не установлен.

Теория консолидации дисперсных грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория динамических свойств грунтов – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о закономерностях динамических свойств грунтов и их инженерно-геологическом анализе. В рамках этой теории рассматривается широкий круг вопросов, связанных тиксотропией грунтов, их разжижением, плывунностью, усталостным разрушением, виброползучестью, динамическим разупрочнением и т.п. – т.е. реакцией грунта на динамические нагрузки.

В разработку этой теории внесли вклад многие ученые, в том числе Ю.М.Абелев, О.В.Аслибекян, Е.А.Вознесенский (1999, 2000), И.М.Горькова (1963, 1969, 1975), И.В.Дудлер, П.Л.Иванов (1983), И.Идрисс, К.Ишихара, А.Казагранде, В.Д.Казарновский, Г.Кастро, В.Г.Коваленко (2008), К.А.Кожобаев (1991), В.Н.Кутергин (1989), Е.С.Кушнарёва (2008)[1], М.П.Мохначев (1979), В.И.Осипов, Х.З.Расулов (1984), Г.Б.Сид (1971), Э.У.Скэмптона (1952), О.Я.Шехтер, и др. В состав теории входит терминология, закономерности, классификации и теоретические положения.

В рамках теории показано, что при низкочастотных динамических воздействиях (сопровождаемых колебательным перемещением объемов грунта) поведение грунтов определяется не только значениями амплитуд ускорений колебаний и динамических нагрузок, но и удельными энергиями воздействия и амплитудами скоростей колебательных смещений частиц, влияющих на соотношения разности кинетических энергий и сил инерции отдельных структурных элементов с энергиями и силами структурных связей (Кожобаев, 1991). Е.А.Вознесенским и Е.С.Кушнарёвой (2013) были обобщены методы инженерно-геологического изучения и оценки разжижаемости грунтов.

Ольга Яковлевна Шехтер (1910-2005)

Канатбек Асекович Кожобаев

Евгений Арнольдович Вознесенский

[1] Кушнарёва Е.С. Устойчивость водонасыщенных песков при динамическом воздействии. / Автореф. дисс.... канд. г.-м. наук. – М., МГУ, 2008. 27с .

На основе этой теории разработаны нормативно-методические документы по оценке динамических свойств грунтов (ГОСТ 56353-2015, СН 448-72 и др.), а также предложен комплекс инженерных мероприятий по предотвращению неблагоприятных последствий разжижения грунтов.

Классификационная схема сейсмоустойчивости грунтов – разработана К.А.Кожобаевым (1991) и предназначена для предварительного прогноза поведения дисперсных грунтов при сильных землетрясениях. Схема построена на основе выделения и учета ведущих факторов в каждой из трех относительно независимых друг от друга групп факторов, в основном определяющих изменение структуры, прочности и вязкости грунтов и проявление в них процессов тиксотропии, уплотнения-разуплотнения при сдвиге и сжатии, а именно: сила землетрясения, тип грунта и его напряженное состояние.

Классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости – разработана Е.А.Вознесенским (2000) и включена в ГОСТ 56353-2015[1].

Классификация водонасыщенных песчаных грунтов по разжижаемости при сейсмических воздействиях – разработана Е.А.Вознесенским, включена в ГОСТ 56353-2015.

Классификация дисперсных грунтов по динамической устойчивости – разработана Е.А.Вознесенским и включена в ГОСТ 56353-2015.

Теория динамических свойств грунтов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Таким образом, вышеуказанные теории и входящие в них номологические высказывания составляют суть основной теории физико-механических свойств грунтов.

[1] ГОСТ 56353-2015. Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов. – М., Стандартинформ, 2015. 35 с.

7.4.5. Закономерности, законы и теория биотических свойств грунтов

Теория биотических свойств грунтов – основная теория, система номологических высказываний и теоретических положений об инженерно-геологических особенностях грунтов, обусловленных биотической составляющей. В состав этой теории входит ряд вспомогательных теорий, общей чертой которых является их незавершенность в силу того, что эти теории относительно молодые и активно разрабатываются в последнее время. Развитие этих теорий сдерживает недостаточная изученность биотической составляющей грунтов. Система теории биотических свойств грунтов показана в табл. 7.16.

Таблица 7.16

Система теории биотических свойств груитов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория биотических свойств грунтов	Теория биологической активности грунтов	Д.Г.Звягинцев, И.Н.Болотина, Х.Биссвангер (2013) и др.
	Теория биоагрессивности грунтов	Х.Биссвангер (2013), И.Н.Болотина, Д.Ю.Власов (2014), Н.Ф.Ганжара (2002), Е.В.Дабахова, М.В.Дабахов (2011), Р.Э.Дашко (1988, 2014), Д.Г.Звягинцев, Р.Маргезин (2000), В.И.Титова (2011) и др.
	Теория инженерно-геологи-ческой оценки биологического выветривания грунтов	И.Н.Болотина, Р.Э.Дашко и др.

Теория биологической активности грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологических особенностях грунтов, обусловленных биологической активностью обитающих в них организмов, преимущественно – микроорганизмов. Данная теория рассматривает вопросы генезиса, механизма и интенсивности биологической активности грунтов по газовыделению микроорганизмов, особенности ферментативной активности грунтов (за счет накопления каталазы, уреазы, дегидрогеназы, фосфатазы и др. ферментов) и т.п.

Теория биологической активности грунтов относительно молодая и её разработка еще далека от завершения. В разработку этой теории внесли вклад Д.Г.Звягинцев, И.Н.Болотина, Х.Биссвангер (2013), Н.Ф.Ганжара (2002), Р.Э.Дашко, Д.Ю.Власов (2014), Р.Маргезин (2000) и др.

Теория биогарессивности грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологических особенностях грунтов, обусловленных их биологической агрессивностью по отношению к другим грунтам, биоте и внешним предметам (строительным конструкциям и т.п.). В рамках этой теории рассматриваются вопросы негативного (агрессивного) влияния грунтов, проявляющегося за счет жизнедеятельности биоты, главным образом – микроорганизмов. Наиболее значимый с инженерно-геологической точки зрения вид биоагрессивности – биокоррозия. Другой важный вид проявления биоагрессивности грунтов – токсикоз грунтов по отношению к растениям (фитотоксикоз грунтов) и другим живым организмам, контактирующим с данным грунтом.

Данная теория также относительно молодая и в настоящее время активно развивается. В неё внесли вклад такие ученые как Х.Биссвангер (2013), И.Н.Болотина, Д.Ю.Власов (2014), Н.Ф.Ганжара (2002), Е.В.Дабахова, М.В.Дабахов (2011), Р.Э.Дашко (1988, 2014), Д.Г.Звягинцев, Р.Маргезин (2000), В.И.Титова (2011) и др.

Основные положения этой теории сводятся к следующим положениям: 1) обводненные грунтовые толщи, подвергающиеся загрязнению поллютантами различной природы (канализационные стоки, свалки и т. д.), а также грунты, обогащенные органической составляющей за счет присутствия болотных отложений, могут проявлять биоагрессивность по отношению к бетонным и металлическим конструкциям (табл. 7.17); 2) скорость и активность разрушения биокоррозии материалов превышает скорость физико-химических и химических процессов; 3) в практике эксплуатации сооружений в районах с неблагоприятными геоэкологическими условиями (загрязнение хозяйственно-бытовыми отходами, наличие заторфованных пород и торфов) необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению снижения разрушительной деятельности микроорганизмов; 4) биокоррозия, связанная с деятельностью микроорганизмов, должна учитываться в современной практике проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений[1].

[1] Защита подземных металлических сооружений от коррозии: Справочник – М.: Стройиздат, 1990.

Теория инженерно-геологической оценки биологической выветриваемости грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке биологического выветривания грунтов.

В этой теории рассматриваются инженерно-геологические особенности грунтов, подвергшихся биологическому выветриванию и развивающемуся в грунтах за счет жизнедеятельности биотической составляющей. Акцент в этой теории делается не на сам процесс выветривания, а на его последствия для грунтов, важные с инженерно-геологической точки зрения и учитываемые в инженерно-хозяйственной деятельности. В разработку этой теории внесли вклад Л.А.Ярг, И.Н. Болотина, Р.Э.Дашко и др.

Таким образом, перечисленные вспомогательные теории составляют систему основной теории – биотических свойств грунтов. На её основе разработан ряд нормативных и методических документов по инженерно-геологической оценке биотических свойств грунтов.

Таблица 7.17

Жизнедеятельность некоторых бактерий в различных условиях эксплуатации конструкций (Дашко и др., 2011)[2]

Бактерии	Условия жизнедеятельности		Продукты жизнедеятельности	Эксплуатационная среда	Объекты биокоррозии
	pH	T,°C			
Тионовые	2-9	18-37	Серная кислота	Аэробная среда	Металлические конструкции, бетон, строительные растворы
Нитрифици-рующие	5,5-8,2	4-60	Азотная кислота, азотистая кислота, соли		
Железобактерии	4-10	5-40	Гидрооксиды железа		
Сульфатреду-цирующие	5-9	2-65	Сероводород, сульфиды	Анаэробная среда	

[2] *Дашко Р. Э., Власов Д. Ю., Шидловская А. В., Александрова О. Ю.* Воздействие геобиологических и гидрогеохимических процессов на развитие коррозии конструкционных материалов в эскалаторном тоннеле Петербургского метрополитена. – Записки Горного института. Т. 190, 2011, с. 60-64.

7.5. Закономерности, законы и теория управления состоянием и свойствами грунтов

Теория управления составом, строением, состоянием и свойствами грунтов – основная теория, система номологических высказываний и теоретических положений об искусственном преобразовании состава, строения, состояния и свойств грунтов с целью придания им необходимых качеств.

Как следует из структуры системы теорий свойств грунтов (см. рис. 7.2), теорией объединяющей основные и вспомогательные теории свойств грунтов является теория управления составом, строением, состоянием и свойствами грунтов, в которой весьма важную роль играет теория технической мелиорации грунтов – прикладного раздела инженерной геологии, обладающего своей теоретико-методической базой. Именно на основе этой теории создается возможность целенаправленного и всестороннего управления состоянием и различными свойствами грунтов, что, в свою очередь, является важным элементом общей теории управления ПТС или геокибернетики (см. выше гл. 6). Структура основной теории управления состоянием и свойствами грунтов показана в табл. 7.18.

Теория технической мелиорации грунтов – основная теория, система номологических высказываний и теоретических положений об искусственном уплотнении и закреплении грунтов с целью придания им необходимых качеств.

В рамках этой теории рассматриваются закономерности уплотнения и закрепления грунтов различными методами технической мелиорации – применением искусственных физических полей, химическим инъекционным закреплением, поверхностной обработкой грунтов и т.п. Теория имеет широкое практическое применение в различных областях, связанных с управлением состоянием и свойствами грунтов: уплотнением, закреплением, созданием грунтов с заданными свойствами, геосинтетическими материалами, барьерными технологиями и др.

Таблица 7.18

Система теории управления состоянием и свойствами грунтов

Основная теория	Вспомогательные теории	Авторы, разработчики
Теория управления состоянием и свойствами грунтов	Теория технической мелиорации грунтов	Г.И.Банник (1976). В.М.Безрук (1969), С.Д.Воронкевич (2005), Л.В. Гончарова (1973), В.М.Кнатько (1989), В.И.Сергеев, Б.А.Ржаницын (1986), А.Камбефор (1971), В.Е.Соколович (1980) и др.
	Теория очистки грунтов от загрязнений	В.А.Королев (2001), К.Редди и др.

В разработку вопросов теории технической мелиорации грунтов внесли вклад многие отечественные и зарубежные ученые: М.Ю.Абелев, Т.Т.Абрамова, А.Н.Адамович (1980), В.П.Ананьев, В.В.Аскалонов (1961), Г.И.Банник (1976), В.И.Баранова, В.М.Безрук (1969), И.И.Бройд (2004), Ф.Е.Волков, Н.В.Воляник (1994); С.Д.Воронкевич (2005), Р.Глоссоп (1960), Л.В.Гончарова (1973), Л.А.Евдокимова, Р.И.Злочевская, С.К.Илиополов (2003), А.Камбефор (1971), В.М.Кнатько (1989), В.А.Королев, М.Т.Кулеев (1983), Р.Кэрол (1983), Н.А.Ларионова, И.И.Литвинов (1969), Т.Г.Макеева, Дж.Митчелл (1970), С.С.Морозов (1961, 1970), Е.Н.Огородникова, В.В.Охотин (1938), Б.А.Ржаницын (1934, 1937, 1986), Е.Н.Самарин, В.И.Сергеев, В.Е.Соколович (1968, 1980), Е.А.Сорочан (1974), М.М.Филатов (1938), Г.Д.Чупрунов (1965) и др.

Теоретические проблемы в рамках этой теории широко разрабатываются в настоящее время и на международном уровне, главным образом в рамках геотехники. Вопросы технической мелиорации грунтов, геосинтетики и т.п. постоянно обсуждаются на Международных геологических конгрессах, Международных конференциях, проводимых под эгидой Международного общества по механике грунтов и геотехнике. В 1983 году группой инженеров-геотехников было создано Международное общество по геосинтетике (IGS). Общество объединяет индивидуальных и корпоративных членов из всех частей мира, которые участвуют в разработке, производстве, продаже, использовании или проектировании геотекстиля, геомембран, геоармирования, изделий, связанных с ними и технологий. Члены IGS вносят существенный вклад в разработку вышеназванной теории, результаты их исследований публикуются в журнале IGS.

В теорию технической мелиорации грунтов входят некоторые законы и закономерности, приводимые ниже.

Основной закон технической мелиорации грунтов – искусственное целенаправленное преобразование грунтов в ходе технической мелиорации не должно противоречить закономерностям естественного преобразования состава, строения и свойств этих грунтов (формулировка В.А.Королева).

Данный закон можно считать основным методологическим законом или методологическим принципом технической мелиорации. Его учет позволяет избежать ошибочных методических и технологических решений при технической мелиорации грунтов и, тем самым, повысить эффективность применения того или иного способа искусственного преобразования грунта.

Алексей Николаевич Адамович (1904-1979)

Василий Макарович Безрук (1905-1986)

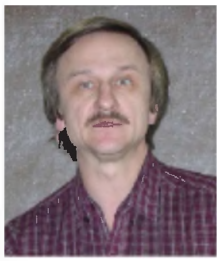
Анри Камбефор (1912-1995)

Людмила Васильевна Гончарова (1928-2014)

Сергей Дмитриевич Воронкевич
(1931-2014)

Валерий Иванович Сергеев

Феликс Евсеевич Волков



Евгений Николаевич Самарин

Нина Александровна Ларионова

Его смысл заключается в том, что разработка новых и применение различных известных способов технической мелиорации грунтов должны проводиться с учетом всестороннего анализа закономерностей естественного формирования их состава, строения и свойств в ходе природных геологических процессов и учета их современного состояния.

Следствием этого закона является то обстоятельство, что знание закономерностей формирования естественного состава, строения и свойств грунтов позволяет на этой основе разрабатывать новые способы и технологии технической мелиорации грунтов.

Закон наследственности признаков искусственно преобразованных грунтов – грунты, целенаправленно преобразованные в ходе технической мелиорации, частично наследуют признаки состава, строения и свойств исходных (первоначальных) грунтов (формулировка В.А.Королева).

Закон является следствием более общего закона наследственности признаков грунтов (см. выше).

Закономерность омоноличивания рыхлых водонасыщенных пород под воздействием электрического тока. Формула открытия: «Экспериментально установлена ранее неизвестная закономерность омоноличивания рыхлых водонасыщенных пород под воздействием электрического тока, заключающаяся в том, что при наложении постоянного электрического поля на рыхлые водонасыщенные породы их омоноличивание растет, проходя через максимум при напряженности электрического поля 2...3 В/см, а затем убывает».

Авторами данного открытия (зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 12) являются В.И.Бондаренко, Г.Г.Пивняк и А.Н.Зорин[1]. Приоритет открытия: 22 декабря 1989 г. в части установления эффекта закрепления[2] и 4 марта 1992 г. в части теоретического обоснования явления омоноличивания.

Необходимо отметить, что эффект электрокинетического закрепления водонасыщенных грунтов известен давно (см., например, работы Г.Н.Жинкина, Г.И.Чохонелидзе (1974)[3] и др.), на чем основан ряд способов технической мелиорации горных пород. Что же касается максимума закрепления при напряженности 2-3 В/см, то его величина зависит от типа грунта.

Теория очистки грунтов от загрязнений (теория геопургологии) – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений об закономерностях и способах очистки грунтов от токсичных загрязнений. В рамках этой теории рас-

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 27-28

[2] Бондаренко В.И. Научные основы физико-химического закрепления слабых водонасыщенных пород вокруг горных выработок. / Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Днепропетровск, ДГИ, 1989, 24 с.

[3] Чохонелидзе Г.И. Оглеенные и лёссовидные грунты Грузии как основание гидромелиоративных сооружений и рациональные способы их упрочнения. / Автореф. дисс.... докт.техн.наук. – Тбилиси Груз. Политехн. ин-т, 1974.

сматриваются вопросы локализации очагов загрязнений, их деструкции (in situ) и удаления из грунтов. Научное направление – очистка геологической среды от загрязнений, было названо В.А.Королевым «геопургология» (от лат. *pure, purgo* – чистить, очищать).

Автором этого направления и теории очистки грунтов от загрязнений является В.А.Королев (1997, 2001). В разработку этой теории и отдельных способов очистки грунтов от загрязнений и рекультивации территорий также внесли вклад многие др. ученые: И.Акар (1996), В.Ж.Аренс (1999), А.В.Буланова (2005), Т.И.Бурмистрова (2000), О.М.Гридин (2000), А.А.Зубайдуллин (2003), Е.А.Ивлиев (2003), К.Камеселле (2009), Н.А.Киреева (1996), Р.Лагеман (2005), М.А.Некрасова (1999), Л.М.Оттосен (2001, 2008), К.Редди (2009), К.А.Ситар (2003), Х.Хансен (1999) и др.

В рамках этой теории разработана классификация методов очистки грунтов от токсикантов, а также выявлены основные факторы, влияющие на эффективность применения тех или иных методов очистки (Королев, 2001). Теория очистки грунтов от загрязнений выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

7.6. Теории формирования свойств грунтов

При разработке теории формирования свойств грунтов следует иметь ввиду, что содержание понятий «генезис грунтов» и «генезис свойств грунтов» различно (Трофимов, 2003). Под «генезисом свойств (состава, состояния) грунтов» необходимо понимать происхождение этих свойств (состава, состояния). Таких свойств много и каждое из них может формироваться по разному, разными путями, под влиянием разных природных и техногенных факторов. Поэтому конкретизируя, отметим, что под генезисом свойства грунта следует понимать способ (механизм) формирования данного его свойства (Трофимов, 2003, с.58). В силу этого понятие «генезис осадков и горных пород (как грунтов)» по содержанию является общегеологическим, а «генезис свойств грунтов» — сугубо инженерно-геологическим. По этой же причине теории формирования свойств грунтов являются также инженерно-геологическими.

Теоретически свойства грунтов (более широко — состав, строение, состояние и свойства грунтов) могут формироваться непосредственно в ходе природного или искусственного седиментогенеза (или кристаллизации магмы) или последующих постгенетических природных или техногенных изменений образований различных генетических типов. В соответствии с этим должны быть выделены два простых «чистых» генетических класса свойств грунтов — сингенетический и эпигенетический, и два класса переходных — син-эпигенетический и эпи-сингенетический. Подчеркнем, что в двух последних случаях на втором месте в словосочетаниях стоит, как это принято в геологической терминологии, наименование того типа процесса, который оказал более существенное влияние на формирование данного свойства грунтов.

Такая постановка вопроса на первый взгляд может показаться излишней. Ведь в большинстве случаев инженер-геолог исследует свойства горных пород как грунтов, которые по своему происхождению являются явно эпигенетическими, сформировавшимися в ходе прогрессивного или регрессивного литогенеза на этапе постседиментационных преобразований. Такое мнение об исключительно эпигенетичности свойств грунтов усиливается тем, что в большинстве случаев в качестве грунтов рассматриваются или используются образования, залегающие в зоне выветривания.

Но даже в этих условиях существуют горные породы — грунты, свойства которых явно сингенетические: например, деформационные и прочностные свойства современных (в историческом смысле) по возрасту пирокластических отложений, лав современных извержений, таких же по возрасту сингенетически промерзших отложений. Примеры можно продолжать и в отношении названных и других свойств. Кроме того, в качестве грунтов могут выступать современные илы, свойства которых явно сингенетичны. То же можно отметить и в отношении ряда современных искусственных грунтов, например насыпных. И надо четко определить, какое содержание вкладывается в вышеназванные термины, как оно соотносится с аналогичными понятиями, принятыми в смежных геологических науках, так как терминология науки — всегда очень условная (Трофимов, 2003).

Исходя из этого, целесообразно считать сингенетической по генезису такую характеристику (показатель состава, состояния свойств) грунта, которая формируется при застывании магматического расплава, перекристаллизации пород при метаморфизме или на стадии седиментации и сингенеза (раннего диагенеза, особенно субаэралъного) в ходе превращения осадка в породу, пусть даже слабую. Эпигенетическим же по генезису свойством в этом случае следует признать такое, которое формируется в ходе последующих изменений горных пород в ходе прогрессивного или регрессивного петро- и литогенеза (Трофимов, 2003).

При таком подходе *эпи-сингенетическим* по генезису свойством следует признать такое свойство грунта, которое сформировалось сингенетическим способом, но на которое впоследствии были наложены эпигенетические процессы, причем их последствия сказались на показателях этого свойства, но не изменили его коренным образом. Если же это произошло, но сингенетические признаки данного свойства еще полностью не устранены, то такое свойство следует признать *син-эпигенетическим.*

Состав как важнейшая инженерно-геологическая особенность горных пород при таком подходе во многих случаях окажется особенностью сингенетической. Именно таковым является состав невыветрелых магматических, метаморфических и осадочных хемогенных грунтов. Например, состав магмы и, в частности, содержание SiO_2, предопределяет, какие магматические породы формируются в ряду

кислые-ультраосновные. В кислых породах преобладают кварц, полевые щпаты, слюды, в основных — амфиболы, пироксены, оливин.

Сингенетическим является и состав синкриогенных многолетнемерзлых пород, некоторых типов лёссовых пород, илов, слаборазложившихся молодых торфов, сапропелей. Таким же теоретически следует признать состав современных антропогенных геологических образований, созданных на новом месте их залегания.

Состав подавляющей части осадочных пород, включая эпикриогенные многолетнемерзлые породы, в результате процессов литификации, выветре-лых разностей магматических и метаморфических пород чаще всего является эпи-сингенетическим или син-эпигенетическим. И, видимо, лишь в корах выветривания мы имеем дело с эпигенетическим (по отношению к составу «материнской» породы) по генезису составом грунтов.

Состояние грунтов верхней части разреза сформировалось, как правило, как эпигенетическое свойство. Это обусловлено активным развитием в этой зоне процессов уплотнения, увлажнения-дегидратации грунтов, трещинообразования, выветривания и др. Однако в ряде случаев и состояние грунтов может рассматриваться как особенность сингенетическая и эпи-сингенетическая по происхождению: в массивах лёссовых пород с «законсервированными» составом твердой компоненты и влажностью-пористостью, в массивах синкриогенных, даже относительно древних толщ, в илах, невыветрелых, нетрещиноватых массивах магматических, метаморфических и осадочных хемогенных пород.

Свойства грунтов в результате изменения их состава и состояния в большинстве ситуаций сформировались как эпигенетическая особенность. Однако нередко даже деформационные и прочностные свойства сингенетичны по своей природе: в массивах лёссовых пород, в синкриогенных молодых многолетнемерзлых породах, в илах, в невыветрелых и нетрещиноватых эффузивных и вулканогенно-осадочных породах и т.д.

Таким образом, формирование состава, строения, состояния и свойств грунтов может проходить разными способами, которые в целом определяются генезисом отложений-образований и характером постгенетических процессов, которые во многом обусловлены длительностью этих процессов (и, следовательно, возрастом пород) (Трофимов, 2003; Грунтоведение, 2005).

7.6.1. Закономерности и теории стадий формирования свойств грунтов

Одно из первых теоретических **положений о стадийности формирования свойств пород в процессах их петрогенеза** (литогенеза[1]) было сформулировано в 1940-1950-е годы В.А.Приклонским[2] совместно с его коллегами – И.М.Горьковой и Н.А.Окниной. Его суть сводится к тому, что свойства пород в современном их виде являются следствием длительной истории этих пород: на разных этапах и стадиях петрогенеза (литогенеза) происходит изменение состава, строения и как следствие – свойств пород. При этом выделяется прогрессивный литогенез, связанный с осадконакоплением, магматизмом или метаморфизмом, и регрессивный литогенез, обусловленный в основном процессами гипергенеза. Стадийность формирования осадочных грунтов обусловливает и стадийность формирования их свойств: грунты одинакового состава находящиеся на одинаковых стадиях литогенеза будут обладать схожими свойствами и инженерно-геологическими особенностями.

Развитие теории В.А.Приклонского о стадийности формирования свойств пород получило в ряде работ различных исследователей в последующие десятилетия. Так, например, в 1952-1956 гг. В.Д.Ломтадзе разработал инженерно-геологическую классификацию глинистых пород с учетом степени их литификации – стадий литогенеза. Им было выделено пять групп глинистых пород: предельно малой, малой, средней, высокой и предельно высокой степени литификации. При этом была приведена характеристика инженерно-геологических особенностей пород каждой группы. В.Д.Ломтадзе совершенствовал теорию формирования и изменения физико-механических свойств глинистых пород[3] на базе учения академика Н.М. Страхова. В 1958 г. В.Д. Ломтадзе защитил докторскую диссертацию в МГУ в области теории формирования состава, физического состояния и свойств глинистых пород на разных стадиях диагенеза и эпигенеза. Автором было показано, что формирование глинистых пород на этапе диагенеза в значительной степени зависит от физико-географических условий среды, при этом диагенетические изменения осадков субаквального и субаэрального происхождения имеют различный характер. Направленность и скорость развития процессов эпигенеза в глинистых породах отличаются от условий, в которых развивались процессы диагенеза (Норова, 2012)[4].

Основным отличием обстановки эпигенетических процессов можно назвать повышенное давление. По мере увеличения с глубиной гравитационного давления показано постепенное уменьшение естественной влажности пород и соответственно затухание бактериальной жизни. Биохимические процессы, имевщие первостепенное значение в зоне диагенеза, стали подчиненными в зоне эпигенеза.

[1] Под литогенезом принято считать совокупность геологических процессов, определяющих современный состав, строение, состояние и свойства осадочных горных пород. При этом выделяется ряд стадий литогенеза: седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез и гипергенез.

[2] Приклонский В.А. Сравнительная характеристика интенсивности физико-механического диагенеза некоторых глинистых пород СССР. – В кн: Тр. Лаб. гидрогеол. Проблем АН СССР. – М., Изд-во АН СССР, 1949, т.3.

[3] *Ломтадзе В. Д.* О формировании свойств глинистых пород. – Записки Ленинградского горного ин-та, 1956, т. 32, вып. 2, с. 41-87; *Ломтадзе В. Д.* Стадии формирования свойств глинистых пород при их литификации. – Доклады АН ССС Р, 1955, т. 102, № 4, с. 819-822

[4] Норова Л.П. Роль В.Д.Ломтадзе в изучении глинистых пород. – Грунтоведение, 2012, № 1, с. 9-17.

Наблюдалось повышение температуры с глубиной. С глубиной велико влияние подземных вод, отличающихся условиями режима, характером и степенью минерализации, заметно проявление недостатка кислорода, формирование восстановительных условий. В зоне эпигенеза постепенно изменяются термодинамические и гидрохимические условия, что приводит к изменению самих пород, и продолжают развитие процессы изменения их состава, состояния и свойств.

Литификация глинистых осадков проявляется в изменении их состава, состояния и свойств и сопровождается изменением характера структурных связей. Единство всех этих изменений и определяет тот или иной петрографический тип глинистых пород в земной коре. Изменение глинистых пород связано со всей историей геологического развития земной коры. Поэтому состояние и свойства глинистых пород изменяются в зависимости от глубины их залегания, условий залегания в пределах тех или иных геологических структур или зон и от их возраста, т. е. от продолжительности воздействия тех или иных процессов литификации.

На формирование свойств глинистых отложений четвертичного возраста оказали новейшие и современные движения земной коры и связанные с ними изменения климата, смены ледниковых эпох межледниковыми, а в позднее и послеледниковое время – геологическая история морей. В ходе преобразования в земной коре глинистые породы постепенно утрачивают одни признаки и свойства и приобретают другие. Степень их литификации количественно можно охарактеризовать показателями физико-механических свойств (Норова, 2012).

При изучении субаквальных глинистых отложений Бакинского архипелага И.Г.Коробановой (1965, 1970) и Г.Г.Ильинской (1969) было выделено пять зон литификации глинистых пород, для каждой из которых был характерен свой диапазон изменения инженерно-геологических характеристик грунтов.

И.М.Горькова (1966) выделила четыре группы глинистых пород по степени их литификации при прогрессивном литогенезе на основе изучения их прочности на одноосное сжатие (σ_c) и сопротивления внедрению конуса (q): 1) слабой степени литификации (q < 0,1 МПа); 2) средней степени литификации (σ_c и q = 0,1-2 МПа); 3) высокой степени литификации (σ_c =2-5 МПа); 4) очень авысокой степени литификации (σ_c >5 МПа).

М.Матула (1969) обосновал закономерности формирования свойств горных пород (включая скальные грунты) на главных стадиях регрессивного и прогрессивного петрогенеза. В составленной им схеме для каждой стадии выделены главные факторы петрогенеза, особенности формирования структурных связей и прочности пород, а также особенности формирования неоднородности и анизотропии в массивах горных пород (Голодковская и др., 1987).

В.И.Осипов (1984)[1] рассмотрел литогенез и формирование свойств грунтов, опираясь на особенности преобразования структуры в ходе этого процесса для глинистых и карбонатных грунтов. Разработанные им в виде таблиц схемы изменения состава, структуры и свойств грунтов в ходе литогенеза позволяют судить об общих закономерностях.

В.Н.Соколовым (1988)[2] экспериментально и теоретически доказано, что формирование свойств глинистых грунтов при их прогрессивном литогенезе обусловлено закономерным изменением морфометрических, геометрических и энергетических признаков микроструктуры.

Е.Г.Коников (1995)[3] установил закономерности формирования физико-механических свойств морских и лагунно-лиманных отложений Азово-Черноморского бассейна.

Э.И.Ткачук (1998)[4] обосновал количественные критерии выделения стадий литификации глинистых пород с помощью статистических методов.

И.А.Бусел (1998)[5] установил, что на формирование инженерно-геологических особенностей грунтов ледниковых отложений существенное влияние оказали тектоническое строение территории, а также направленность и режим новейших тектонических движений. Последующие процессы гипергенеза видоизменили состав и свойства приповерхностных горизонтов моренных, флювиогляциальных и озерно-ледниковых грунтов, что необходимо учитывать при инженерно-геологическом изучении и оценке свойств этих отложений для строительства.

Широкое обсуждение проблем генезиса и моделей формирования свойств грунтов состоялось на Международной научной конференции «Генезис и модели формирования свойств грунтов»[6] в мае 1998 г. на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова. На этой конференции обсуждались современные актуальные вопросы грунтоведения, всего комплекса проблем, связанных с генезисом свойств грунтов, формированием свойств грунтов и моделированием формирования свойств грунтов. В конференции приняли участие многие ведущие грунтоведы и инженер-геологи из России и ближнего зарубежья.

[1] Осипов В.И. Литогенез и формирование свойств грунтов. // 27-й Межд. геологический конгресс. Инж. геология. Секция С.17. Доклады, том 17. – М., Изд-во Наука, 1984, с. 45-51

[2] Соколов В.Н. Микроструктура глинистых грунтов и её влияние на свойства / Автореф. дисс.... докт.г.-м. наук – Москва, МГУ, 1988.

[3] Коников Е.Г. Влияние условий осадконакопления и литогенеза на формирование физико-механических свойств морских и лагунно-лиманных отложений Азово-Черноморского бассейна. / Автореф. дисс. ....канд.г.-м. наук. – Одесса, ОГУ, 1995. 34 с.

[4] Ткачук Э.И. Количественные критерии выделения стадий литификации глинистых пород // Проблемы инж. геологии. Мат-лы научно-мет. Конф., посвященной 85-летию В.Д.Ломтадзе. – СПб., СПб Гос. горный институт, 1998, с. 53-55.

[5] Бусел И.А. Научно-методологические основы инженерно-геологической оценки ледниковых отложений Беларуси для строительства. /Автореф. дисс....докт. г.-м. наук. – Минск, Геосервис, 1998.

[6] Генезис и модели формирования свойств грунтов / Труды Международной научной конференции (Россия, Москва, МГУ, май 1998 г.) // Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М., Изд-во Московского университета, 1998.

Теоретические аспекты проблемы формирования состава, состояния и свойств горных пород неоднократно анализировались В.Т.Трофимовым (1998, 2005), подчеркивавшим, что в основе решения данной проблемы лежит основной методологический принцип (закон) грунтоведения.

Закономерности формирования состава и физико-механических свойств шельфовых илов были установлены Д.Ю.Здобиным (1999)[1].

В.И.Осиповым и др. (2001) стадии прогрессивного литогенеза (диагенеза, катагенеза и метагенеза) глинистых осадков и пород были выделены с учетом ассоциаций глинистых минералов, термодинамических условий формирования глин, преобладающего типа контакта, а также их консистенции, пористости и влажности. При этом в стадиях выделялись этапы раннего, среднего и позднего литогенеза. На базе этих построений ими была обоснована схема изменения свойств глинистых образований при субаквальном литогенезе.

Т.И.Кожухарь (2002)[2] установила общие закономерности формирования физико-механических свойств горных пород Огоджинского угольного месторождения Амурской области при литогенезе: впервые на основе стадиально-генетического анализа установлены закономерности постдиагенетических преобразований горных пород угленосных отложений и выявлена их роль в формировании физико-механических свойств. Автором показано, что под воздействием процессов катагенеза и метагенеза происходят изменения состава пород, появляются новые, более прочные, структурные связи, что приводит к значительному упрочнению пород; доказана обусловленность прочности пород вторичными (катагенетическими) их изменениями, приведшими не только к изменению характера структурных связей, но и прочностных свойств пород; с учетом выявленных закономерностей формирования физико-механических свойств разработана инженерно-геологическая классификация пород, положенная в основу при оценки устойчивости бортов карьеров; рекомендованы методы и произведена оценка устойчивости бортов глубоких карьеров.

В.И.Осиповы и В.Н.Соколовым (2013) были обстоятельно проанализированы закономерности изменения микростроения и свойств глинистых пород и в процессах эпигенеза[3] – при разгрузке и разуплотнении, выветривании (гипергенезе), засолении, растворении и выщелачивании и др. воздействиями, в т.ч. техногенными. В результате исследований наряду с начальной степенью литификации (характерной для илов) ими было выделено четыре степени литификации глинистых образований в водонасыщенном состоянии: 1) слабая (пластичные глинистые породы); 2) средняя (уплотненные глинистые породы полутвердой консистенции); 3) высокая (плотные сцементированные глисниыте породы твердой консистенции); 4) очень высокая (аргиллиты, алевролиты, глинистые сланцы твердой консистенции).

Однако широкая разнонаправленность процессов изменения состава и строения грунтов при техногенном эпигенезе не позволяет пока выявить и сформулировать общие закономерности формирования свойств грунтов в ходе техногенеза. В этом смысле данная проблема является открытой (см. гл.3, проблема 8).

[1] Здобин Д.Ю. Шельфовык илы Охотского моря (состав, физико-механические свойства, условия формирования)/ Автореф. дисс. .... канд. г.-м.наук. – СПб, Горный ин-т, 1999, 23 с.

[2] Кожухарь Т.А. Закономерности формирования физико-механических свойств горных пород Огоджинского угольного месторождения Амурской области при литогенезе. /Автореф. дисс.....канд. г.-м.наук. – Томск, ТГАСУ, 2002, 23 с.

[3] Под эпигенезом (термин свободного пользования) большинство авторов понимают процесс вторичных изменений породы при прерывании стадийного литогенеза, относя его к регрессивному литогенезу.

7.6.2. Теория формирования просадочности лёссовых пород

Выше отмечалось (см. гл. 5.3.1), что целый ряд гипотез формирования просадочности лёссовых пород, высказанных в XX в. разными авторами, в последующее время нашли своё экспериментальное подтверждение и перешли в разряд теорий. Значительный вклад в подтверждение ряда этих гипотез внесли экспериментальные исследования Т.В.Андреевой, В.С.Бондаренко, А.Д.Воронина, Б.Ф.Галая, О.Н.Ерёминой, А.В.Ершовой, Н.В.Коломийцева, Н.Н.Комиссаровой, В.А.Королева, Е.Ю.Куликовой, А.В.Минервина, В.И.Осипова, Е.М.Сергеева, В.Т.Трофимова и др.

Обстоятельный анализ этих экспериментальных данных позволил В.Т.Трофимову (2003) сформулировать общую и частные теории формирования просадочности лёссовых пород. Основные утверждения общей теории формирования просадочности лёссовых пород сформулированы В.Т.Трофимовым (2003) в виде следующих положений:

1. Просадочность лёссовых пород в реальных разрезах, в том числе и в одном разрезе, может иметь разное происхождение вследствие наложения различных механизмов ее образования – сингенетическое, эпи-сингенетическое, син-эпигенетическое и эпигенетическое.
2. Просадочность как сингенетическое свойство может сформироваться только в лёссовых породах эолового, делювиального и пролювиального генезиса в соответствии с описанными ранее гидратационно-дегидратационно-недоуплотнительным или дегидратационно-недоуплотнительным механизмами соответственно.
3. Просадочность как эпи-сингенетическое и син-эпигенетическое свойство формируется при наложении гипергенно-дегитратационно-разуплотнительного механизма (точнее, гипергенно-разуплотнительной его составляющей) на законсервированные результаты гидратацион-

но-дегидратационно-недоуплотнительного или дегидратационно-недоуплотнительного механизмов в просадочных толщах эоловых и делювиальных-пролювиальных лёссовых пород соответственно. В случае формирования просадочности как эпи-сингенетического свойства ведущая роль остается за первичными механизмами, например, для пролювиальных образований – дегидратационно-недоуплотнительным; во втором случае – син-эпигенетическая просадочность – ведущая роль в формировании просадочности уже принадлежит наложенному механизму.

4. Просадочность как эпигенетическое свойство лёссовых пород формируется только под влиянием последегидратационно-доуплотнительного механизма в аллювиальных и озерно-аллювиальных отложениях и гипергенно-дегидратационно-разуплотнительного механизма – всеобщего по своей сущности.
5. Просадочность в нижней части разреза большинства циклитов мощных циклитно построенных толщ лёссовых пород эолового и пролювиального генезиса является сингенетической, выше по разрезу эпи-сингенетической, а в верхней части циклита под горизонтами современной и погребенных почв – син-эпигенетической вследствие наложения результатов действия гипергенно-разуплотнительного механизма.
6. Признание в геологической истории одной толщи действия разных механизмов формирования просадочности лёссовых пород позволяет сформулировать следствие, определяющее величину нагрузки, при которой проявится просадка: просадочность лёссовых пород любого генезиса вследствие наложения гипергенно-разуплотнительного механизма может проявляться под действием не только дополнительной, но и природной нагрузки.

Два следующих положения связаны с распределением величин просадочности и мощности просадочных лёссовых пород.

7. Максимальная величина просадочности лёссовых пород должна быть свойственна тем частям разреза, в пределах которых она является эпи-сингенетической или син-эпигенетической.
8. Максимальные мощности просадочных лёссовых пород наблюдаются в разрезах эоловых и пролювиальных отложений, просадочность которых является свойством сингенетическим. Наложение гипергенно-разуплотнительного механизма на породы таких разрезов, как правило, не приводит к увеличению мощности просадочной толщи ни в целом, ни в разрезах отдельных циклитов.

Важнейшие составляющие структуры общей теории формирования просадочности лёссовых пород и их значение также определены В.Т.Трофимовым (2003). Главными элементами структуры общей теории формирования просадочности лёссовых пород являются следующие:

1. Многочисленные эмпирические данные о просадочности лёссовых пород разного возраста и генезиса, значительная часть которых не может быть объяснена на основе частных теорий.
2. Теоретический постулат – формирование просадочности лёссовых пород может быть обусловлено как действием отдельных (частных) механизмов, так и их «наложением» друг на друга.
3. Многочисленные экспериментальные лабораторные и природные доказательства действия разных механизмов формирования просадочности лёссовых пород.
4. Логико-графические модели, отражающие важные закономерности формирования просадочности лёссовых пород, в том числе и модели, учитывающие наложение одних механизмов на результаты действия предшествующих.
5. Совокупность теоретических положений, вытекающих из экспериментальных данных.

Практическое значение вышеизложенных теоретических построений заключается в следующем. Положения, сформулированные в рамках общей теории формирования просадочности лёссовых пород, позволяют объяснить ход процесса формирования просадочности в разрезах лёссовых пород любого строения и генезиса. Это не означает, что при этом не возникает каких-либо вопросов и трудностей. Но они появляются главным образом из-за невысокого уровня знаний о процессах формирования и развития массивов лёссовых пород. Необходим дальнейший поиск новых подходов к получению более достоверных данных по этим вопросам, в частности комплексное использование результатов абсолютного датирования, изотопной геохимии, детального изучения спорово-пыльцевых комплексов, которые сейчас используются инженер-геологами лишь эпизодически. Все эти методы должны тесно сочетаться с детальным инженерно-геологическим опробованием опорных разрезов лёссовых пород (Трофимов, 2003).

Таким образом, вышерассмотренная теория формирования просадочности лёссовых пород выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции. Кроме того, эта теория представляет собой яркий пример развития теории на основе ранее высказанных гипотез.

7.7. Закономерности, законы и теории регионального грунтоведения

Теоретические и методические основы регионального грунтоведения – разработаны ВА.Приклонским. По мнению А.И.Шеко (1996), разработка В.А.Приклонским теоретических и методических основ регионального генетического грунтоведения явилось важнейшим теоретическим достижением грунтоведения XX века.

Существенный вклад в региональное грунтоведение внесли работы многочисленных авторов по инженерно-геологической оценке грунтов отдель-

ных регионов, выявлению региональных закономерностей для различных грунтов, составлению региональных таблиц нормативных значений показателей свойств этих грунтов и т.п. В разработку этих вопросов внесли вклад Р.Э.Дашко, С.С.Морозов, И.В.Попов, Е.М.Сергеев, В.Т.Трофимов, П.И.Фадеев и др.

Одной из первых обобщающих сводок по региональному грунтоведению была монография С.С.Морозова (1964). П.И.Фадеев (1951) одним из первых привел региональную характеристику песков СССР. И.А.Бусел (1998) обосновал региональную оценку ледниковых отложений территории Белоруссии с составлением таблиц нормативных и расчетных показателей свойств грунтов для различных генетических типов ледниковых отложений. Е.Г.Коников (1995)[1] разработал региональную оценку физико-механических свойств морских и лагунно-лиманных отложений Азово-Черноморского бассейна.

Региональные оценки отдельных типов грунтов также были выполнены для различных регионов России (Волгоградская обл., Западная Сибирь и др.), Средней Азии и др.

Важным этапом регионального обобщения грунтов всей территории России стал выход монографии «Инженерная геология России. Том 1. Грунты России» (2011) под редакцией В.Т.Трофимова.

[1] Коников Е.Г. Влияние условий осадконакопления и литогенеза на физико-механические свойства морских и лагунно-лиманных отложений Азово-Черноморского бассейна / Автореф. дисс..... докт. г.-м.наук. – Одесса, ОГУ, 1995.

7.8. Общая теория грунтоведения

Исходя из вышеизложенного, можно представить структуру общей теории грунтоведения.

Общая теория грунтоведения – система взаимосвязанных теоретических положений и номологических высказываний (законов), объединяющая все научные представления о составе, строении и свойствах грунтов, формировании этих свойств, а также целенаправленном управлении состоянием и свойствами грунтов.

Она включает в себя ряд основных и вспомогательных теорий, расммотренных выше. Логическая структура общей теории грунтоведения показана на рис. 7.11, из которого следует, что все вспомогательные теории (2-5) находятся в отношении включения с общей теорией (1) и в отношениях пересечения между собой. Область (1а) на этой схеме относится к системообразующим положениям общей теории грунтоведения.

Кроме того, в структуре общей теории (1) грунтоведения (см. рис.7.11) две теории – теория формирования свойств грунтов (5) и теория управления состоянием и свойствами грунтов (технической мелиорации) (6), находящиеся друг с другом в отношении включения, являются объединяющими, связующими с другими вспомогательными (2-4).

Системный характер этой теории придает логическое отношение (1а) составляющих ее подсистем – вспомогательных теорий.

Таким образом, предложенная структура общей теории грунтоведения позволяет, опираясь на составляющие её теории, разрабатывать общетеоретические вопросы грунтоведения, выполнять объяснительную, эвристическую, прагматическую и предсказательную функции.

Тем не менее, проведенный анализ позволяет заключить, что не все вышерассмотренные основные и вспомогательные теории грунтоведения в настоящее время имеют достаточную завершенность: степень их разработки весьма различна, в структуре многих теорий не хватает обобщения и формализации установленных многочисленных закономерностей, не все теории выполняют предсказательную функцию, большинство их носит описательный характер. Все эти вопросы ждут своего дальнейшего решения.

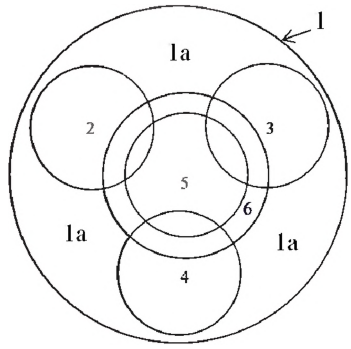


Рис. 7.11. Логическая структура общей теории грунтоведения: 1 – общая теория грунтоведения; 2 – теория компонентного состава грунтов; 3 – теория строения грунтов; 4 – теория свойств грунтов; 5 – теория формирования свойств грунтов; 6 – теория управления составом, строением, состоянием и свойствами грунтов

Глава 8.
НОМОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДИНАМИКИ

8.1. Методологические законы и теории инженерной геодинамики

Инженерная геодинамика развивается на основе собственной методологии и номологической базы – методологических законов (включая общие законы инженерной геодинамики) и теории методики инженерной геодинамики. Последняя является основной методической теорией инженерной геодинамики и объединяет ряд вспомогательных теорий методической направленности, представленные в табл. 8.1. На основе этой теории разрабатываются нормативные документы, регламентирующие инженерно-геологические изыскания.

Таблица 8.1

Структура теории методики инженерной геодинамики

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория методики инженерной геодинамики	Теория методики инженерно-геологической оценки поверхностных проявлений эндогенных процессов	Н.И.Николаев и др.
	Теория методики инженерно-геологической оценки экзогенных процессов	И.В.Попов, Г.К.Бондарик, В.С.Круподеров (2001) и др.
	Теория инженерно-геологического подобия	Л.Б.Розовский, И.П.Зелинский и др.
	Теория инженерно-геологического моделирования	И.В.Попов, Г.С.Золотарев, Э.В.Калинин (1992), А.В.Аникеев (2014) и др.

Основные законы инженерной геодинамики. Номологическую базу инженерной геодинамики в целом составляют её основные законы, имеющие методологическую направленность (значение). По мнению Г.К.Бондарика в номологическую базу экзогеодинамики (инженерной геодинамики) входят два нижеследующих закона.

Первый закон инженерной геодинамики. Первый и, по-видимому, основной закон инженерной геодинамики привел Г.К.Бондарик в следующей формулировке: «экзогенные (физико-геологические) процессы есть результат взаимодействия геологической среды с внешними средами, которые проявляются в ее областях с неустойчивой структурой» (Бондарик, 1981, с.46).

Позже он дал такую формулировку этого закона: «экзогенный геологический процесс – результат взаимодействий литосферы с внешними геооболочками, в том числе с техносферой, проявляющихся в областях с неустойчивой структурой» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 24).

Как таковое строгое доказательство этого закона отсутствует и поэтому формально, данное положение должно рассматриваться как гипотетическое. Вместе с тем, огромное число научных исследований, выполненных в инженерной геологии разными авторами, подтверждает и тем самым доказывает этот закон.

Однако ранее близкую формулировку приводил Ф.В.Котлов (1970), не называя, однако свое утверждение законом. Он писал: «Инженерно-геологические процессы и явления отличаются от современных природных геологических процессов и явлений в количественном и качественном отношениях.

Инженерно-геологические процессы и явления контролируются природными зонально-географическими и регионально-геологическими условиями, но определяются характером воздействий человека на земную кору; они бывают зональными и азональными.

Инженерно-геологические процессы и явления развиваются в зависимости от регионально-геологических условий и контролируются региональными закономерностями в распределении геотектонических структур, генетических и петрографических типов пород, геохимических комплексов подземных вод и т. п.» (Котлов, 1970).

Второй закон экзогеодинамики представлен Г.К.Бондариком в следующем виде: «геологическая среда всегда прямо или косвенно взаимодействует с любым сооружением или иным продуктом человеческой деятельности, изменяя свою структуру и свойства. Результатом этого взаимодействия являются инженерно-геологические процессы (или это взаимодействие реализуется в форме инженерно-геологических процессов)» (Бондарик,1981, с. 46).

Позже он дал такую формулировку этого закона: «литосфера всегда прямо (техногенно) или косвенно (техноплагенно) взаимодействует с предметами, орудиями и средствами человеческого труда, результатом чего являются инженерно-геологические процессы» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 25).

Этот закон в данной формулировке также не является строго доказанным, т.е. его формулировка не подкрепляется непосредственным доказательством, а, следовательно, формально она должна

рассматриваться как гипотетическая. Тем не менее, как и в предыдущем случае, огромное число научных исследований, выполненных в инженерной геологии разными авторами, подтверждает и, тем самым, доказывает и этот закон.

Основной закон инженерной геодинамики (закон Саваренского – Каменского – Золотарева). По мнению В.Т.Трофимова (1999), общий закон инженерной геодинамики должен иметь более широкий характер, чем вышеперечисленные первый и второй законы экзогеодинамики, и его формулировка должна быть такой: *морфология, механизм и масштаб современных природных и антропогенных (инженерно-геологических) геологических процессов определяются инженерно-геологическими особенностями верхних горизонтов литосферы и ее взаимодействием с внешними средами, включая техногенное воздействие. Этот закон называется законом Саваренского-Каменского-Золотарева по фамилиям ученых, впервые сформулировавших его основные положения.*

Может быть предложена и другая формулировка, включающая, как общий закон инженерной геологии, так и общий закон грунтоведения с словосочетанием «пространственное (координатное) положение»: морфология, механизм и масштаб современных природных и антропогенных (инженерно-геологических) геологических процессов определяются инженерно-геологическими особенностями верхних горизонтов литосферы, их современным пространственным (координатным) положением, контролирующем тектонический режим и климатические условия, а на освоенных территориях – и характером техногенных воздействий (Трофимов, 1999).

В соответствии с классификацией законов И.П. Шарапова (1989), основной закон инженерной геодинамики относится к классу $П_1$-$П_2$, который описывает связь двух (или двух групп) процессов.

По мнению И.В.Дудлера (1999) основной закон инженерной геодинамики звучит так: «природные геологические процессы развиваются в геологической среде в ходе внутренних эволюционных преобразований и ее взаимодействия с другими геосферами Земли, фиксированы в состоянии геологической среды и играют существенную роль в формировании исходных (фоновых.) инженерно-геологических, условий осваиваемых территорий».

Следствием из этого закона является следующее положение:

При инженерно-геологической оценке осваиваемых территорий необходимо выявление и картирование геологических процессов и явлений (Дудлер, 1999).

Наряду с вышерассмотренными общими законами, методологическую базу инженерной геодинамики составляют ее вспомогательные теории методической направленности. Приведем их характеристику.

Теория методнки инженерно-геологической оценки поверхностных проявленнй эндогенных процессов. Эта теория рассматривает весь комплекс методических приёмов, методов и способов исследований, применяемых в инженерной геодинамике для инженерно-геологической оценки поверхностных проявлений эндогенных геологических процессов, а также для изучения их техногенных аналогов. Подчеркнём, что природа, механизм, закономерности эндогенных процессов и т.п. здесь (т.е. в рамках инженерной геодинамики) не изучаются, т.к. они являются предметом исследования динамической геологии, сейсмологии и вулканологии. Эта инфлормация заимствуется инженер-геологами у специалистов смежных геологических наук. В рамках же инженерной геодинамики исследуются лишь поверхностные проявления этих процессов в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью, а точнее – анализируется инженерно-геологическая оценка их проявления на поверхности в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. В этом заключается принципиальное различие в подходах к оценке эндогенных процессов в инженерной геологии и других геологических науках.

Что же касается техногенных аналогов эндогенных процессов (наведенная сейсмичность, техногенный метаморфизм и т.п.) – то они являются инженерно-геологическими процессами, а, следовательно, являются объектами изучения инженерной геодинамики. В разработку этой теории внесли вклад Н.И.Николаев и др.

Теорня методики инженерно-геологической оценки экзогенных н инженерно-геологическнх процессов – также является вспомогательной и рассматривает методические вопросы изучения и инженерно-геологического анализа указанных процессов. В состав теории входят вопросы оптимизации объемов инженерно-геологических исследований этих процессов, комплексирования применяемых методов исследований, анализ существующих методов исследования ЭГП, методологические основы изучения их режима, принципы организации наблюдательных сетей, методику режимных наблюдений за ЭГП и т.п. В разработку этой теории внесли вклад Г.К.Бондарик, П.А.Дворцов, В.И.Дьяконова, Г.С.Золотарев, Н.К.Кононова, Б.М.Крестин, В.С.Круподеров (2001), А.М.Лехатинов (2004), И.В.Мальнева, И.В.Попов, И.В.Харламова, А.И.Шеко и многие др.

В рамках этой теории В.С.Круподеровым (2001) сформулированы представления о структуре режима ЭГП, его классификация, понятийно-терминологическая база. Им разработана дефиниция объектов режимных наблюдений, требования к информации по режиму ЭГП, состав наблюдений и измерений при изучении режима, комплекс показателей и параметров его характеризующих. Обоснованы представления о механизме влияния факторов и генетических особенностей проявления ЭГП на их режим, классификация режимоформирующих факторов ЭГП. В рамках разработки принципов организации наблюдательных сетей для изучения режима ЭГП обоснованы состава и структуры наблюдательных сетей, размещение наблюдательных сетей, технологическая схема их организации, требования к наблюдательным участкам, их выбор и

размещение, состав и содержание документации на наблюдательную сеть. В целом разработанная методика режимных наблюдений за ЭГП включает в себя: 1) методы получения информации, регламент наблюдений на участках различных категорий; 2) состав, виды и объемы работ, их обоснование; 3) обработку информации, составление временных рядов.

На базе этой теории, в том числе, разрабатываются различные нормативные и методические документы, регламентирующие проведение инженерно-геологических изысканий и оценку экзогенных и инженерно-геологических процессов. При этом в разработке и проведении инженерно-геологических изысканий необходимо учитывать ряд принципов, имеющих методологическое значение.

Принцип оптимальности – положение, согласно которому любое инженерное или инженерно-геологическое решение должно исходить из задачи получения оптимума с точки зрения проявляемых интересов. В частности, данный принцип является одним из основных при проектировании систем инженерно-геологического опробования, систем мониторинга и т.д.

Принцип предосторожности – методологическое положение предусмотрительности в инженерной и инженерно-геологической деятельности для предостережения её от возможных неблагоприятных последствий, сходных с принципом «не навреди» в медицине (Пашкин и др., 2011). Позволяет упредить проявление тех или иных опасных процессов и их последствий. Реализация данного принципа лежит в основе оценки риска от неблагоприятных геологических и инженерно-геологических процессов и т.п. Этот принцип включен в ряд международных документов (Брегенская европейская декларация, 1990 г.; Рамочная декларация по изменению климата, 1992 г. и др.).

Теория инженерно-геологического подобия является с одной стороны – частью более общей теории геологического подобия, а с другой – вспомогательной теорией в составе рассматриваемой теории методики инженерной геодинамики. В рамках этой теории разрабатываются вопросы методики применения теории инженерно-геологического подобия для анализа и прогнозирования различных инженерно-геологических и природных экзогенных процессов. Большой вклад в разработку этой теории внесли Л.Б.Розовский, И.П.Зелинский и др.

Теория инженерно-геологического моделирования – также является вспомогательной. В ней рассматриваются методические вопросы применения моделирования к анализу, изучению и прогнозированию различных инженерно-геологических и природных экзогенных процессов. Одним из основоположников этой теории и первым разработчиком инженерно-геологического моделирования был И.В.Попов. В рамках этой теории анализируются различные методы моделирования, применяемые для изучения процессов, оценки устойчивости склонов и т.п. Если на первом этапе среди методов инженерно-геологического моделирования преобладало физическое моделирование (методы эквивалентных материалов, центробежного моделирования и т.п.), то в настоящее время преобладают методы математического (компьютерного) моделирования. В разработку теории инженерно-геологического моделирования внесли вклад многие инженер-геологи, в том числе А.В.Аникеев, Б.И.Дидух, И.П.Зелинский, Г.С.Золотарев, Э.В.Калинин (1985, 1992), А.А.Махорин, и др.

На основе комплексного использования различных модификаций математического моделирования Э.В.Калининым (1992) была обоснована и разработана методика исследований напряженно-деформированного состояния массивов пород, слагающих природные склоны. А.В.Аникеевым (2014) обосновано применение моделирования методом эквивалентных пластических материалов и фильтрационного лоткового моделирования для изучения динамики провалов и оседания земной поверхности в карстовых районах.

Таким образом, вышерассмотренные вспомогательные теории и входящие в них номологические высказывания, а также общие законы экзогеодинамики составляют основную теорию методики инженерной геодинамики. Значение этой теории состоит в том, что она выполняет объединяющую функцию для всех вышерассмотренных основных теорий инженерной геодинамики, поскольку охватывает все ее направления.

8.2. Закономерности, законы и теории природных и техногенных эндогенных геологических процессов

В основную теорию эндогенных геологических процессов и их техногенных (антропогенных) аналогов входят собственная понятийная (терминологическая) база, соответствующие номологические высказывания (закономерности, законы) и ряд вспомогательных теорий, раскрывающих те или иные аспекты проявления на поверхности эндогенных геологических процессов или их инженерно-геологических аналогов. Её структура представлена в табл. 8.2. При этом номологические высказывания входят составной частью в те или иные вспомогательные теории.

Теория инженерно-геологической оценки землетрясений (инженерной сейсмологии) и неотектоники является первой вспомогательной теорией, рассматриваемой среди основной – теории эндогенных геологических процессов и их техногенных аналогов. Эта теория рассматривает вопросы инженерно-геологической оценки проявлений землетрясений на поверхности и новейшей тектоники в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Таблица 8.2

Структура теории эндогенных геологических процессов и их техногенных аналогов

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор. разработчики
Теория эндогенных геологических процессов и их техногенных аналогов	Теория инженерно-геологической оценки землетрясений (инженерной сейсмологии) и неотектоники	С.В.Медведев (1962), Н.И.Николаев, В.П. Солоненко; В.И.Уломов, А.Н.Вахтанова (1972), О.В.Павлов (1987), Г.И.Тер-Степанян (1985) и др.
	Теория наведенной сейсмичности	Н.И.Николаев (1977), Г.С.Золотарев (1983), В.Л.Барабанов (1994) и др.
	Теория сейсмозащиты сооружений	Т.Г.Раутиан, Я.М.Айзенберг (1976) и др.
	Теория инженерной вулканологии	О.А.Богатков, Е.А.Рогожин, П.И.Токарев и др.

Среди этих вопросов одним из наиболее важных является обоснование сейсмической балльности территорий в зависимости от их инженерно-геологических условий, сейсмическое микрорайонирование и сейсмическое прогнозирование. В теорию инженерной сейсмологии, включая сейсмическое микрорайонирование, внесли вклад такие ученые как Т.У.Артиков, А.Н.Вахтанова (1972), А.С.Алёшин (2004)[1], А.Д.Жигалин, В.А.Исмаилов, Л.В.Канторович, С.В.Кващук (2004), В.И.Ларионов, В.И.Макаров, В.М.Макеев, С.В.Медведев, А.В.Николаев, О.В.Павлов, С.А.Перетокин, О.Г.Попова, Х.З.Расулов (1984), Х.Л.Рахматулаев, В.В.Севостьянов, В.П.Солоненко, А.Л.Стром, В.И.Уломов, Чандонг Чанг (Environmental....., 2011) и многие др. Теоретические основы сейсмического микрорайонирования были разработаны А.Н.Вахтановой (1972)[2].

Михаил Александрович Садовский (1904-1994)

Важнейшей частью сейсмологии является теория сейсмомониторинга, в разработку которой внесли вклад А.Г.Аронов, С.Д.Васютинская, А.Д.Жигалин, Ю.Ф.Коновалов, А.В.Назаревич, А.В.Николаев, Р.А.Ниязов, М.Г.Попов, О.Г.Попова (2008), А.В.Серый, В.И.Уломов, Н.И.Фролова и др.

Оценке сейсмического риска посвящены работы Л.В.Канторовича, В.И.Кейлис-Борока, В.И.Ларионова (2015), Г.М.Нигметова, Д.Б.Ниязов, С.П.Сущева, Н.И.Фроловой и др., обзор которых выполнен А.В.Бершовым (Инж. геология России, 2013).

Член-корр. РАН Виктор Прокопьевич Солоненко (1916-1988)

Член-корр. РАН Алексей Всеволодович Николаев

В современной сейсмологии установлен ряд закономерностей и законов, количественно характеризующих динамику землетрясений и различные параметры их проявления, которые подтверждаются многочисленными фактическими и экспериментальными данными. Значение этих закономерностей, прежде всего, обусловлено возможностью их использования для прогнозирования землетрясений. Укажем лишь наиболее важные из них.

Зависимость энергии землетрясения от объема очага. Первые количественные оценки взаимосвязи упругой энергии землетрясения (E_c, Дж) от объема очага (V, м^3) эмпирически вывел японский сейсмолог Ч.Тсубои[3] в 1961 г., которые получил следующую закономерность:

[1] Алешин А.С. Фундаментальные проблемы сейсмического микрорайонирования. // Сергеевские чтения. Вып.6. Инж. геология и охрана геол. среды. Современное состояние и перспективы развития. – М., ГЕОС, 2004, с. 452-454.

[2] Вахтанова А.Н. Теоретические основы сейсмического микрорайонирования. / Автореф. дисс....докт.г.-м. наук. – Москва, МГУ, 1972.

[3] Тсубои Ч. Энергия землетрясений, объем гипоцентральной области, площадь афтершоков и прочность земной коры // В кн.: Слабые землетрясения. – М., Изд-во иностр. лит-ры, 1961, с. 160-164.

$$\lg E_c = \lg V + a, \qquad (1)$$

или $E_c = 10^a V$, где a – коэффициент, равный 2,7. Отметим, что в уравнении (1) фигурируют безразмерные величины, т.к. логарифмы берутся от соответствующих величин, выраженных в Дж и м^3. Таким образом, физически зависимость E_c от V является прямопропорциональной вида $E_c = bV$, где b – коэффициент с размерностью Дж/м^3.

Тогда, данную закономерность можно сформулировать следующим образом: величина упругой энергии землетрясения прямо пропорциональна объему его очага и описывается зависимостью: $E_c = bV$, *где* b – коэффициент (формулировка авторов).

На рис. 8.1 приведена зависимость $\lg E_c$ от $\lg V$, которая близка к линейной вида

$$\lg E_c = \lg V + 2, \qquad (2)$$

или $E_c = 10^2 V$, что соответствует вышеприведенной зависимости Ч.Тсубои. Аналогичное соотношение было установлено К.Касахарой[1] в 1981 г. Несколько меньшие величины коэффициента a в уравнении (1) были получены Н.В.Шебалиным в 1971 г.:

$$\lg E_c = \lg V + 1{,}2\,, \qquad (3)$$

или $E_c = 10^{1.2} V$. Согласно данным М.А.Садовского и др. (1987) для землетрясений любой природы (включая техногенные, наведенную сейсмичность) зависимость упругой энергии от объема очага хорошо укладывается на усредненную прямую, описываемую уравнением (2). Эта закономерность подтверждается многочисленными эмпирическими данными. Методы оценки величины V указаны в работе М.А.Садовского и др. (1987).

Зависимость времени подготовки землетрясения от его энергии. Изучению периода подготовки землетрясения, или так называемой, продолжительности сейсмического цикла (τ), посвящено много работ в области сейсмологии.

Исследование этого параметра также весьма важно для целей прогнозирования землетрясений. Сейсмический цикл (τ) для сильнейших землетрясений является средним промежутком времени между повторными землетрясениями максимальной (или близкой к ним) магнитуды, происходящими почти в одном и том же месте. Слабые землетрясения могут быть явными форщоками и афтершоками сильнейших. Эти случаи из рассмотрения исключаются. Методика оценки величины τ и вводимые ограничения подробно описаны в работе М.А.Садовского и др. (1987). Эти авторы впервые получили пропорциональность времени подготовки землетрясения корню кубическому из энергии (E). Данная зависимость описывается ими уравнением вида:

$$\lg \tau(E) = 0{,}3 \lg E - 2{,}9. \qquad (4)$$

На рис.8.2 приведена данная зависимость, а также показан разброс фактических данных. Положив наклон прямой равным 1/3, что равнозначно предположению о пропорциональности сейсмического цикла линейному размеру очага, вместо уравнения (4) вышеуказанные авторы получили близкое уравнение:

$$\lg \tau(E) = 1/3 \lg E - 3{,}5. \qquad (4)$$

Таким образом, данную закономерность можно сформулировать следующим образом: время подготовки землетрясения, оцениваемое сейсмическим циклом, пропорционально корню квадратному из энергии землетрясения (формулировка авторов).

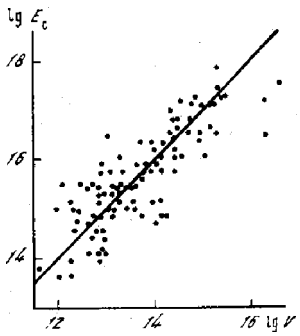


Рис.8.1. Зависимость сейсмической энергии землетрясений E_c (в Дж) от объема очаговой области V (в м^3) (Садовский и др., 1987)

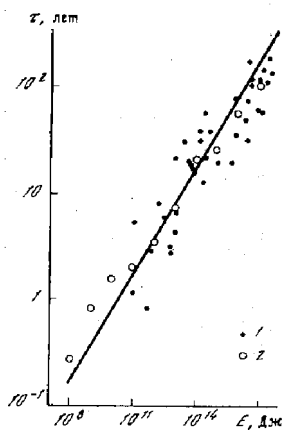


Рис.8.2.Зависимость сейсмического цикла (τ) от энергии землетрясений E: 1 – отдельнеы наблюдения; 2 – средние значения (Садовский и др., 1987)

Зависимость времени проявления предвестников от силы землетрясения. С целью прогнозирования землетрясений многими авторами велись поиски зависимости времени проявления предвестников ΔT от энергии E землетрясений. Их анализ, основанный главным образом на сводке Т.Рикитаке[2] (1976), приведен М.А.Садовским и др. (1987). Согласно проведенному анализу, зависимость логарифма времени проявления первичных предвестников землетрясений ΔT (в годах) от логарифма энергии землетрясений E (в Дж) имеет линейный вид (рис. 8.3).

[1] *Kasahara R.* Earthquake mechanics. – Cembridge: Univ. press, 1981, 248 p.

[2] *Rikitake T.* Earthquake prediction. – Amsterdam: Elsevier Publ. Co., 1976, 338 p.

Эти данные удовлетворительно описываются формулой вида

$$\lg \Delta T = (1/3) \lg E - 4{,}5, \qquad (5)$$

в которой ΔТ взяты в годах, а Е – в Дж. Указанная закономерность также подтверждается значительным количеством фактических данных.

Таким образом, эта закономерность может быть сформулирована в следующем виде: логарифм времени проявления первичных предвестников землетрясений прямопропорционален логарифму энергии землетрясений (формулировка авторов).

Закономерность перераспределения гравитирующих масс в земной коре при подготовке землетрясений. Формула открытия: «Установлена неизвестная ранее закономерность перераспределения гравитирующих масс в земной коре при подготовке землетрясений, заключающаяся в том, что в периоды подготовки землетрясений происходит временное локальное изменение неоднородности гравитационного поля в зоне активных тектонических разломов, продолжительность которого возрастает с увеличением энергетического класса подготавливаемых землетрясений».

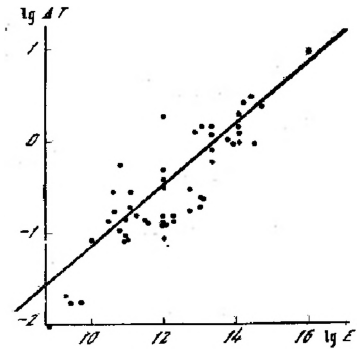


Рис.8.3. Зависимость логарифма времени проявления первичных предвестников землетрясений ΔТ (в годах) от логарифма энергии землетрясений *E* (в Дж) (Садовский и др., 1987)

Авторами открытия этой закономерности (открытия зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 59) является А.А.Бородина, Д.Г.Гриднев, А.П.Катков, И.И.Науменко-Бондаренко, О.И.Науменко-Бондаренко[1]. Приоритет открытия: 24 апреля 1961 г. в части теоретического обоснования и 15 марта 1995 г. – в части экспериментального подтверждения открытия данной закономерности[2].

Указанная закономерность, установленная сейсмологами, имеет определенное значение для инженерной геологии (инженерной сейсмологии), в том числе для оценки риска землетрясений и их прогнозирования.

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000. с. 59.

[2] Гриднев Д.Г., Науменко-Бондаренко И.И. Измерения временных вариаций вторых производных силы тяжести на Гармском геофизическом полигоне. – ДАН СССР, т. 319, 1991, № 5.

Теория наведенной сейсмичности – также является вспомогательной теорией в рамках рассматриваемой основной теории. В ней рассматриваются вопросы, связанные с механизмом возникновения наведенной сейсмичности, особенностями ее проявления в разных типах грунтовых массивов, ее прогнозирование и способы снижения ее опасности.

В разработку этой теории внесли вклад многие исследователи: В.А.Аниколенко, В.Л.Барабанов (1994), С.И.Байда (Environmental..., 2011), Х.К.Гупта (Gupta, 1972), Э.Р.Даниелов, Г.С.Золотарев (1983); Д.С.Кардер (Carder, 1945), Н.И.Николаев (1977), В.К.Мирзоев, Б.К.Растоги, Дж.Роте (Rothe, 1970), В.Б.Смирнов, П.Талуани (Talwani, 1997), Т.А.Ташлыкова (2014, 2015), В.В.Тетельман (1990, 2014, 2015), В.А.Уляшинский, А.С.Черепанцев и многие др.

Николай Иванович Николаев (1906-2002)

Александра Николаевна Вахтанова (1928-2004)

Валентин Иванович Уломов

Теория сейсмозащиты сооружений. Другой вспомогательной теорией в рамках рассматриваемой основной является теория сейсмозащиты инженерных сооружений. В ней рассматриваются вопросы обеспечения антисейсмической защиты при строительстве сооружений разных типов. Хотя рассматриваемые вопросы этой теории тесно переплетаются с строительством и строительными технологиями, тем не менее, она должна считаться инженерно-геологической, т.к. в основе выбора способа сейсмозащиты лежит информация инженерной сейсмологии. Существенный вклад в разработку этой теории внесли Т.Г.Раутиан, Я.М.Айзенберг (1976), В.И.Осипов, А.А.Гинзбург и А.В.Новикова (Environmental..., 2011) и многие др.

Теория инженерной вулканологии – одна из «молодых» вспомогательных теорий, в которой рассматриваются вопросы инженерно-геологической оценки проявлений вулканизма разных типов в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. В ней анализируются вопросы прогнозирования опасных вулканических проявлений, выброса пепла, ядовитых газов и т.п. в связи с оценкой инженерно-геологических условий местности, вопросы инженерной защиты от этих проявлений населения и инфраструктуры, организация инженерно-геологического мониторинга вулканоопасных территорий и т.п. Особый раздел составляет грязевой вулканизм. В разработку этих вопросов внесли вклад О.А.Богатков, О.А.Гирина, В.В.Ершов, Е.А.Рогожин, П.И.Токарев и многие др. Однако разработка этой теории далека от завершения.

Таким образом, совокупность вышеуказанных теорий и входящих в них номологических высказываний составляет основную теорию инженерно-геологической оценки эндогенных геологических процессов и их техногенных аналогов.

8.3. Закономерности, законы и теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов

Совокупность собственных понятий экзогеодинамики, номологических высказываний (закономерностей, законов) о природных экзогенных процессах и их инженерно-геологических аналогах, а также система вспомогательных теорий, рассматривающих различные теоретические инженерно-геологические аспекты этих процессов составляют систему теории инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов, показанную в табл. 8.3. При этом номологические высказывания входят составной частью в те или иные вспомогательные теории.

Теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов. Прежде чем характеризовать эту теорию необходимо указать следующее. Рядом авторов отмечается, что «предметом инженерной геодинамики являются ... знания об экзогенных геологических процессах» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 37), и поэтому ее основной теоретической базой должна являться теория об экзогенных геологических процессах.

Однако, на наш взгляд это не так. Этот предмет изучается в динамической и общей геологии, для которого теоретической базой как раз и служит «теория экзогенных геологических процессов». В инженерной же геодинамике предметом исследования являются знания об инженерно-геологической оценке экзогенных геологических процессов и их техногенных аналогов – инженерно-геологических процессов. В соответствии с этим теоретической базой в инженерной геодинамике является не «теория об экзогенных геологических процессах», а «теория инженерно-геологической оценки природных экзогенных и инженерно-геологических процессов».

Такая оценка отличается от общегеологической тем, что: 1) рассматривает эти процессы в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека; 2) опирается на количественные показатели и параметры этих процессов (их морфологии, динамики, интенсивности и т.п.); 3) рассматривает мероприятия инженерной защиты от них; 4) составляет прогнозные оценки развития этих процессов и оценки их риска.

Таким образом, общая теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов должна содержать все вышеперечисленные четыре составляющих, которые опираются на закономерности, обусловленные факторами формирования и развития современных геологических процессов. Среди последних выделяют: 1) состав, строение, состояние и свойств грунтов массива; 2) современные тектонические движения; 3) напряженно-деформированное состояние массива грунтов; 4) рельеф; 5) подземные воды; 6) поверхностные воды; 7) климат; 8) техногенные факторы.

В свою очередь факторы формирования и развития современных геологических процессов подразделяются на 1) региональные и зональные (по И.В.Попову); 2) внешние и внутренние; 3) природные и техногенные; 4) постоянные, медленно меняющиеся и быстро меняющиеся; 5) глобальные, региональные и локальные (по отношению к пространству) и др.

Поэтому в инженерной геодинамике накопленный в динамической и общей геологии теоретический багаж знаний об этих процессах используется прагматически – постольку, поскольку он необходим для решения инженерно-геологических задач,

не повторяя при этом того, что уже достигнуто в общей или динамической геологии. Иными словами, инженерная геодинамика использует теоретические знания, накопленные в смежной геологической дисциплине, но в то же время опирается на собственный теоретический багаж. Его основу как раз и составляет теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов (см. табл.8.3).

В этой связи рассмотрение в инженерной геодинамике в качестве основного предмета изучения факторов формирования того или иного экзогенного процесса не совсем уместно, поскольку все эти природные факторы давно установлены в общей геологии. Между тем во многих работах по инженерной геодинамике, учебниках и учебных пособиях именно им уделяется основное место (Сергеев, 1978, 1982; Золотарев, 1983; Иванов, Тржцинский, 2001 и др.), тогда как вопросы их инженерно-геологической оценки или отходят на второй план, или вообще отсутствуют.

Таблица 8.3

Система теории инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов	Теория инженерно-геологической оценки абразии	В.П.Зенкевич (1958, 1960, 1962), Г.С.Золотарев (1983), П.А.Каплин (1991) и др.
	Теория переработки берегов водохранилищ	Е.Г.Качугин (1975); Е.К.Гречищев; Г.С.Золотарев (1983); В.В.Дмитриев; А.Л.Рагозин, В.Н.Бурова (1998) и др.
	Теория инженерно-геологической оценки эрозии	М.Н.Заславский (1979), Г.С.Золотарев (1983), Ц.Е.Мирцхулава (1970) и др.
	Теория инженерно-геологической оценки селей	Г.С.Золотарев, В.С.Круподеров, С.М.Флейшман, А.И. Шеко и др.
	Теория инженерно-геологической оценки заболачивания и подтопления	К.Е.Иванов (1975), Н.А.Караваева (1982), В.М.Швец (1998), Т.Н.Юганова (1979) и др.
	Теория инженерно-геологической оценки выветривания	Г.С.Золотарев (1983); Л.А.Ярг (1991) и др.
	Теория инженерно-геологической оценки устойчивости склонов	М.Н.Гольдштейн (1940); Е.П.Емельянова (1972); Г.С. Золотарев (1983); Р.А.Ниязов; В.В.Кюнтцель, Г.М.Шахунянц; А.И.Шеко; К.Терцаги; И.В.Попов; К.А.Гулакян; В.С.Федоренко, Г.П.Постоев (1992) и др.
	Теория инженерно-геологической оценки напряженного состояния массивов грунтов	И.А.Турчанинов (1977); Э.В.Калинин (2003), Е.М.Пашкин и др.
	Теория инженерно-геологической оценки карста (карстоведения)	Г.А.Максимович; Д.С. Соколов (1962); В.Н.Дублянский (2004), В.П.Костарев, Н.А.Гвоздецкий
	Теория инженерно-геологической оценки суффозии	В.П.Хоменко (2004) и др.
	Теория инженерно-геологической оценки эоловых процессов	Л.Ф.Литвин, Н.И.Маккавеев (1964), Б.А.Федорович (1976) и др.
	Теория инженерно-геологической оценки криогенных процессов	Т.Н.Каплина (1965); С.Е.Гречищев, Л.В.Чистотинов, Ю.Л.Щур (1980); В.Т.Трофимов и др.
	Теория инженерно-геологического прогнозирования ЭГП	Л.Б.Розовский, И.П.Зелинский (1975); Н.Л.Шешеня и др.

В разработку этой общей теории внесли вклад многие инженер-геологи, в том числе Г.К.Бондарик, Д.Д.Варнес, Ю.В.Генсиоровский (2011), Г.А.Голодковская, Е.И.Емельянова, Г.Заруба, В.П.Зенкевич, Г.С.Золотарев, Н.В.Коломенский, И.С.Комаров, Ф.В.Котлов, Н.П.Костенко, Н.И.Кригер, В.С.Круподеров, В.В.Кюнтцель, В.Д.Ломтадзе, Н.Н.Маслов, В.А.Мироненко, Л.Мюллер, В.И.Осипов, И.А.Печеркин, И.В.Попов, Г.П.Постоев, М.В.Рац, И.С.Рогозин, Л.Б.Розовский, Г.И.Рудько (1992), Е.М.Сергеев, Ю.Н.Сокольников, Г.И.Тер-Степанян, К.Терцаги, В.Т.Трофимов, А.Е.Шейдеггер, А.И.Шеко, Р.Л.Шустер и др.

Теорию инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов составляют собственный понятийный аппарат, нижеперечисленные вспомогательные теории и законы, а также различные классификации.

Закон активизации инженерно-геологических процессов – «активизация [природных] и инженерно-геологических процессов под влиянием техногенных воздействий и возникновение новых техногенно-вызванных инженерно-геологических процессов трансформируют фоновые, инженерно-геологические условия строительства, негативно влияя на создание и функционирование природно-технических систем «геологическая среда – сооружения» (Дудлер, 1999).

Следствие из этого закона: В зонах распространения или возможного развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов необходимы, своевременная разработка и реализация соответствующей системы инженерной защиты от их. негативного проявления и воздействия на инженерные сооружения (Дудлер, 1999).

Гвидо Заруба (1899-1993)

Эрнест Валентинович Калинин

Герман Павлович Постоев

Закон стадийности инженерно-геологических процессов – Инженерно-геологические процессы (как и природные геологические процессы) характеризуются стадийностью развития. Их интенсивность, длительность и масштабы проявления обусловлены фоновыми особенностями геологической среды, видами и параметрами техногенных воздействий (Дудлер, 1999).

Следствие из этого закона: При создании природно-технических систем «геологическая среда – сооружение» необходимы кратко-, средне- и долгосрочные прогнозы изменений геологической среды применительно ко всем стадиям развития инженерно-геологических процессов, в увязке с основными этапами жизненного цикла строительных объектов (Дудлер, 1999).

Закон периодичности геологических процессов – процессы, происходящие на поверхности или внутри Земли периодически повторяются (формулировка В.П.Макарова, 2008).

Общий закон для геологических процессов, следствием которого является и определенная периодичность (повторяемость) инженерно-геологических процессов. Видимо другими следствиями этого закона являются и нижеприведенные закон активизации и закон стадийности инженерно-геологических процессов.

С философской точки зрения закон периодичности (повторяемости) геологических процессов является проявлением более общего закона – закона отрицания отрицания. (см. раздел 4.2.2). При этом повторяемость геологических процессов рассматривается не в буквальном смысле, а как развитие по спирали геологической формы движения материи.

Закон динамики геологических процессов и явлений – общее положение, закон инженерной геологии: закономерности развития геологических процессов и явлений во времени обусловлены изменениями причин и условий нарушения равновесий и соответствий в геологической среде (Ломтадзе, 1999).

Закон неизбежности развития геологических процессов и явлений – общее положение, закон инженерной геологии: геологические процессы и явления, как природные, так и техногенные, неизбежно возникают и развиваются при нарушении равновесий и соответствий в геологической среде, в ее материальной и энергетической системах (Ломтадзе, 1999).

Закон связей геологических явлений – закон инженерной геологии: при развитии одних геологических процессов и явлений неизбежно возникают и развиваются другие (Ломтадзе, 1999). Закон вытекает из известного в геологии факта о том, что одни геологические процессы, подготавливают другие, те в свою очередь – третьи и т.п. Вследствие этого развиваются так называемые каскадные процессы. На основе этого

же закона выделяются первичные и вторичные геологические процессы (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007).

Закон парагенеза развития геологических и инженерно-геологических процессов – тесно связан с предыдущим, но проявляется не в последовательном наборе процессов, а в их определенной совокупности на той или иной территории. Формулировка закона – в пределах определенной инженерно-геологической структуры (зоны) развивается соответствующий ей парагенетический ряд (набор) геологических и инженерно-геологических процессов, обусловленный особенностями её инженерно-геологических условий (формулировка авторов).

Вопросам изучения парагенезов ЭГП уделяется большое внимание как в инженерной геодинамике (Кофф и др., 1997[1]; Бондарик, Пендин, Ярг, 2007), так и в региональной инженерной геологии (Трофимов, Аверкина, 2007). При этом в первом случае выявляются парагенезы процессов на достаточно небольших территориях, а во втором – применительно к региональным оценкам инженерно-геологических условий крупных территорий. В этой связи, закон парагенеза развития геологических процессов можно рассматривать и как закон инженерной геодинамики, и как закон региональной инженерной геологии (региональной геодинамики). На базе этого закона разработана общая классификация парагенезов основных ЭГП (Бондарик, Пендин, Ярг, 2007, с.51).

Следствие из этого закона: на территориях со сходными инженерно-геологическими условиями развиваются одинаковые парагенетические ряды (наборы) геологических и инженерно-геологических процессов.

Закон синергизма геологических и инженерно-геологических процессов – естественное или техногенно-обусловленное развитие одних геологических или инженерно-геологических процессов вызывает усиление других, совместно протекающих процессов вследствие синергетических эффектов (формулировка В.А.Королева).

Закон обусловлен проявлением различных и пока еще плохо изученных синергетических эффектов в земной коре и связан с вышеприведенными законами связей геологических явлений и парагенеза развития геологических и инженерно-геологических процессов. Его обоснование основывается на установленных и фиксируемых многочисленных фактах усиления одним геологическим процессом других, параллельно с ним протекающих процессов. Например, при наличии эндогенных процессов одновременное развитие многих экзогенных процессов (оползней, селей, лавин и др.) происходит с большей интенсивностью.

Эффекты синергизма в геологической среде могут быть вызваны и различными резонансными явлениями, особенно характерными для периодических геологических процессов. При этом совпадение или наложение разнопериодных процессов может вести как к подавлению процесса (уменьшению амплитуды), так и к его интенсификации (резонансный синергизм).

Важную часть в рассматриваемой теории составляют инженерно-геологические классификации ЭГП, разработанные различными авторами и рассмотренные выше (см. гл.2.5). Подчеркнем, что большинство этих классификаций, к сожалению, можно рассматривать лишь как общегеологические, а не как инженерно-геологические. Обстоятельный анализ инженерно-геологических классификаций современных геологических процессов и принципов их составления приведен Э.В.Калининым (Инж. геология России, 2013).

Теория инженерно-геологической оценки абразии – вспомогательная теория, *система н*омологических высказываний и теоретических положений об инженерно-геологической оценке абразии и ее закономерностях.

В разработку теории инженерно-геологической оценки абразии внесли вклад Н.А.Айбулатов, А.Ю.Баринов, В.И.Буданов, А.Д.Говард, Е.К.Гречищев (1972), Н.В.Есин, В.П.Зенкевич (1958, 1960, 1962), Г.С.Золотарев (1983), К.П.Каплин (1991), В.Ф.Котлов (2003), Г.Л.Кофф (2003), В.С.Круподеров (2001), О.К.Леонтьев (1963, 1979), В.Д.Ломтадзе (1977), В.В.Лонгинов, С.А.Лукьянова, И.В.Никонорова (2001), И.В.Попов, А.Л.Рагозин, А.Л.Ревзон, И.Ремсон, Г.И.Рычагов (1979), Г.А.Сафьянов, Г.А.Симеонова (1976), Т.А.Смагина (1968), С.И.Федорова (2003), Н.С.Холодилин, С.В.Чистов, В.М.Шахин (2003), Н.Л.Шешеня (2004), Ю.Д.Шуйский (1976), и многие др. ученые.

В основе теории – выявленные закономерности развития данного процесса на основе анализа факторов формирования: гидрологических, геологических (строение, состав и свойства пород, слагающих берег), геоморфологических, климатических, неотектонических, техногенных и др. В состав теории входят ряд классификаций и закономерностей. Показатели активности проявления абразии, характеризующие ее режим, разработаны В.С.Круподеровым (2001).

Средняя скорость отступания береговой линии (v_a, м/год) за счет абразии определяется многими факторами и может быть описана в общем виде функцией:

$$v_a = f\left(\frac{E,\alpha,\beta}{P_i,h}\right),$$

где E – энергия волны; α – угол подхода волны к берегу ($0<\alpha<90^o$); β – уклон берега (клифа); P_i – прочность индивидуального контакта грунта; h – ширина пляжной зоны. Явный вид этой функции пока не установлен.

Классификация грунтов по степени сопротивляемости абразии – разработана Ю.Д.Шуйским и Г.А. Симеоновой (1976) для инженерно-геологической оценки абразии по степени сопротивляемости абразии (оцениваемой по абразионному смыву, м/год) и скорости абразии (м/год) с выделением пяти классов пород. Позднее П.А. Каплин с соавторами (1991) дополнил эту классификацию еще тремя классами пород, выделив

[1] Кофф Г.Л., Гусев А.А., Воробьев Ю.Л. и др. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций. – М., РЭФИА, 1997.

группу осадочных несцементированных пород, представляющих собой смесь грубых обломков, включенных в осадки мелких фракций (моренные образования, материал конусов выноса и т.п.), группу хорошо растворяющих пород (галит, гипс, чистые известняки) и группу многолетнемерзлых пород.

Классификатор берегов и берегоформирующих процессов – разработан А.Л.Рагозиным и др. (1987) для инженерно-геологической оценки берегов и берегоформирующих процессов как на морях, так и на водохранилищах. Классификация берегов Арктических морей России для целей их инженерной защиты разработана М.М.Корейшей и др. (2002).

Таким образом, теория инженерно-геологической оценки абразии выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория переработки берегов водохранилищ – вспомогательная теория переработки берегов водохранилищ весьма близка предыдущей, однако является собственной инженерно-геологической теорией, как и процесс, который она рассматривает. Несмотря на то, что абразия берегов природных и искусственных водоемов имеет много общего, тем не менее между ними есть и существенные различия, позволяющие рассматривать переработку берегов искусственных водоёмов (водохранилищ) как самостоятельный процесс. Эта теория включает понятия, соответствующие номологические высказывания (закономерности) и ряд теоретико-методических положений.

В разработку этой теории внесли вклад А.Б.Авакян (1986, 1998), А.Балданжавын (1999), А.П.Браславский, В.Н.Бурова (1993, 1998)[1], Н.Г.Варазашвили, С.Л.Вендров, В.М.Воскобойников, В.С.Гамаженко (1952), Е.К.Гречищев (1961, 1972), В.В.Дмитриев (1974)[2], К.М.Дороднова (1952), В.К.Епишин (1979), А.М.Жданов (1952), И.П.Зелинсий (1975), В.П.Зенкевич (1962), Г.С.Золотарев (1983), И.П.Иванов, Л.Б.Иконников, П.А.Каплин (1991), Г.А.Карнаухова (1986), Е.Г.Качугин (1959), Н.Е.Кондратьев (1960), В.С.Круподеров (2001), В.С.Кусковский, О.К.Леонтьев (1991), С.А.Лукьянова (1975, 1991), Г.И.Овчинников (1986), И.А.Печеркин (1969), Б.А.Пышкин, А.Л.Рагозин (1993, 2002), Л.Б.Розовский, М.П.Самохвалова (1962), Г.А.Симеонова (1976), Т.А.Смагина (1968), И.О.Тихвинский (1965), Н.А.Холодилин (1975), В.А.Ширямов, Ю.Д.Шуйский (1976), В.Н.Экзарьян (1979) и многие др. ученые, предложившие различные методы оценки переработки берегов водохранилищ.

Базу теории составляет анализ природных и техногенных факторов формирования переработки берегов, на основе которого выявлены закономерности этого процесса. Схема иерархии факторов переработки берегов водохранилищ (регионально-геологических, зонально-климатических и техногенных) разработана В.К.Епишиным и В.Н.Экзарьяном (1979). Общая схема-модель развития берегоформирующих процессов на водохранилищах разработана А.Л.Рагозиным (1997).

Юрий Болеславович Тржцинский (1933-2009)

Алексей Леонидович Рагозин (1948-2006)

Николай Лонгвинович Шешеня

Существенную и практически важную часть этой теории составляет также прогноз переработки берегов водохранилищ – методы Е.Г.Качугина (1959), Г.С.Золотарева (1969), Е.К.Гречищева (1961), И.А.Печеркина (1969), метод природных аналогов Л.Б.Розовского и метод А.Л.Рагозина-Н.В.Буровой (1993). На основе факторов и выявленных закономерностей разработан комплекс методов прогноза переработки берегов проектируемых водохранилищ, систематизация которых была выполнена Г.К.Бондариком и др. (2007). Региональная оценка распространения водохранилищ на территории России, а также общая методика инженерно-геологического изучения территорий водохранилищ приведена Л.Л.Панасьян (Инж. геология России, 2013).

Типизация берегов морей и водохранилищ России по степени опасности развития процесса их переработки – разработана А.Л.Рагозиным и В.Н.Буровой (1995) и основана на использовании целого ряда количественных параметров переработки.

[1] Бурова В.Н. Закономерности формирования и оценка опасности переработки берегов водохранилищ. // Автореф. дисс. канд. геол. – мин. наук. – М., ПНИИИС, 1998, – 25 с.

[2] Дмитриев В.В. Исследование факторов, влияющих на переработку берегов водохранилищ // Автореф. дисс, к .г.-м. наук – М., 1974, 24 с.

В рамках этой теории выявлена следующая общая закономерность для скорости отступания берега водохранилища за счет переработки ($v_п$, м/год), которая в общем виде может быть описана функцией:

$$v_п = f\left(\frac{E,\alpha,\beta,H,V_з}{P_i,h}\right),$$

где E – энергия волны; α – угол подхода волны к берегу (0<α<90°); β – крутизна берега; H- высота берега; $V_з$ – скорость заполнения водохранилища; P_i – прочность индивидуального контакта грунта; h – ширина пляжной зоны. Явный вид этой функции пока не установлен.

На основе выявленных закономерностей разработаны мероприятия по инженерной защите берегов водохранилищ от переработки.

Таким образом, теория инженерно-геологической оценки переработки берегов водохранилищ выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория инженерно-геологической оценки эрозии – вспомогательная теория, *система н*омологических высказываний и теоретических положений об инженерно-геологической оценке эрозии и ее закономерностей. В её состав входят терминология, закономерности, законы и теоретические положения об инженерно-геологической оценке плоскостной (склоновой), овражной и речной эрозии.

В разработку теории инженерно-геологической оценки плоскостной эрозии внесли вклад В.П.Ананьев, Д.Л.Арманд (1956), М.Е.Бельгибаев (1970), М.В.Веретенникова (1992), Д.Г.Виленский, А.С.Вознесенский, В.Б.Гуссак, Н.Г.Добровольская (1993), М.Н.Заславский (1979), Г.С.Золотарев (1983), Е.В.Зорина (1979. 1981, 2002), Н.Н.Иванова (1990), М.Киркби (1984), А.С.Козменко (1957), А.Н.Костяков, Н.В.Коломенский, И.Б.Корженевский, В.С.Круподеров (1978, 2001), М.С.Кузнецов (1981), Г.А.Ларионов (1993), Л.Ф.Литвин (1997, 2002), Ц.Е.Мирцхулава (1970), Э.М.Паракшина (1970), И.В.Попов, Е.М.Сергеев (1982), С.С.Соболев (1948), А.И.Смирнов (2015), К.А.Сулейменов(1990), Е.А.Толстых, Е.В.Трепетцов, Р.С.Чалов (2002), М.В.Чуринов, А.И.Шеко и многие другие ученые. Теория базируется на анализе факторов формирования плоскостной эрозии и выявлении на этой основе общих закономерностей с их количественной оценкой.

Исследованием инженерно-геологических закономерностей овражной эрозии занимались В.П.Ананьев, М.В.Веретенникова (1992), М.Н.Заславский, Г.С.Золотарев (1983), Е.Ф.Зорина (1979, 1992), И.П.Иванов, Н.П.Калиниченко (1976), А.С.Козменко, Б.Ф.Косов (1974), А.Н.Костяков, Н.В.Коломенский, И.Б.Корженевский, Б.Ф.Косов, В.С.Круподеров (1978, 2001), В.П.Лидов (1960), В.Д.Ломтадзе (1977), Б.П.Любимов, Н.П.Матвеев (1969), И.И.Никольская (1974), В.Л.Познанин (1995), И.В.Попов, А.Г.Рожков, Е.М.Сергеев (1982), С.С.Соболев (1947, 1948), В.М.Смолянинов, К.А.Сулейменов (1990), В.Т.Трофимов, Ц.Е.Мирцхулава (1970), Е.А.Толстых, Е.В.Трепетцов, М.В.Чуринов, А.И.Шеко и многие другие ученые. В рамках этой теории выявлен ряд общих закономерностей и разработаны некоторые классификации.

Игорь Степанович Рогозин (1899-1977)

Цотне Евгеньевич Мирцхулава (1920-2010)

Виктор Сергеевич Федоренко (1926-1994)

Категории опасности овражной эрозии – разработаны Е.Ф.Зориной и др. (2002)[1] и учитывают ряд количественных показателей развития овражной эрозии. Показатели активности проявления овражной эрозии, характеризующие ее режим, разработаны В.С.Круподеровым (2001).

Изучением динамики речной эрозии в инженерно-геологических и эколого-геологических целях занимались К.М.Беркович (1982), Б.Н.Власов (1982), В.Н.Замышляев (1983), Г.С.Золотарев, Е.Ф.Зорина (2002), И.П.Иванов, Е.Г.Качугин (1949), В.С.Круподеров (2001), Ф.А.Макаренко (1948),

[1] В кн.: Экзогенные геологические опасности. Тематический том 3. / Под ред. В.М.Кутепова, А.И.Шеко. – М., изд.фирма «КРУК», 2002, – 348 с. (в изд. «Природные опасности России» в 6-и томах, под общ. ред. В.И.Осипова, С.К.Шойгу).

Н.И.Маккавеев (1955), И.В.Попов, Е.М.Сергеев (1982), С.С.Соболев, К.А.Сулейменов (1990), Р.С.Чалов, А.И.Чеботарев (1977), А.И.Шеко и многие др. ученые. В состав теории входит ряд законов, классификаций и закономерностей.

Закон Бэра – реки меридионального направления, текущие в Северном полушарии подмывают правый берег, а в Южном – левый. Закон сформулирован в 1857 г. К.М.Бэром[1]. Объясняется совместным действием кориолисовой силы и силы трения, создающими вращательное движение масс воды вокруг оси русла, которое вызывает перенос вещества между берегами.

Классификация участков рек по опасности русловых процессов – разработанная Е.Ф.Зориной и др. (2002), построена на базе учета ряда количественных показателей темпов интенсивности русловых процессов и показателей устойчивости – числа Лохтина и коэффициента стабильности Н.И.Маккавеева. Опасность русловых процессов, связанная с техногенной деятельностью может характеризоваться в соответствии с классификатором Е.Ф.Зориной (2002), учитывающим балльную оценку.

Теория инженерно-геологической оценки селей – вспомогательная теория, *система со*бственных понятий, классификаций, номологических высказываний и теоретических положений об инженерно-геологической оценке селей и их закономерностях.

Изучением динамики и механизма формирования селей в инженерно-геологических целях занимались А.У.Аминов (1970), М.Д.Будз (1965), В.Н.Вардугин (1968), Ю.Б.Виноградов (1969), В.Р.Гулина (1959), Г.С.Золотарев (1983), С.П.Кавецкий (1959), Н.А.Казаков (2000), В.С.Круподеров (2001), В.К.Кучай (1970), Т.Мустафакулов (1965, 1972), П.С.Непорожний (1947), В.Ф.Перов (1976), И.В.Попов, А.Л.Ревзон, К.Н.Скрынников (1970), Д.Л.Соколовский (1947), С.М.Флейшман (1970, 1976), Дж.Хатчинсон (1982), И.И.Херхеулидзе, А.И.Шеко (1980, 1981, 2002) и многие другие ученые.

И.П.Ивановым и Ю.Б.Тржцинским (2001) разработана структурная модель (схема) формирования селевого потока на основе ведущих факторов. Предложен щирокий комплекс количественных показателей для оценки селей и их прогнозов, в том числе разработаны соответствующие нормативно-методические документы (Инж. геология России, 2013). На базе этой теории разработана методика инженерной защиты от селей.

Общая генетическая классификация очагов зарождения селей – разработана А.И.Шеко (1980).

Классификация энергетических классов селевых потоков А.И.Шеко – опубликована в 2002 г., в ней выделяется шесть классов селевых потоков по их расходам.

Таким образом, теория инженерно-геологической оценки селей выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

[1] Объяснение эффекта Бэра было дано А.Эйнштейном в 1926 г.

Теория инженерно-геологической оценки заболачивания и подтопления – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений об инженерно-геологической оценке заболачивания и подтопления и их закономерностях. В её состав входят терминология, закономерности, классификации и теоретические положения о развитии этих процессов.

Изучением процессов заболачивания в инженерно-геологических целях занимались Е.А.Галкина (1946), К.Е.Иванов (1975), Н.А.Караваева (1982), П.И.Кашперюк (1985), И.В.Некрасова (1969), М.Н. Никонов (1953), Е.А.Романова (1961), О.Н.Трапезникова и многие др. ученые.

Изучением процессов подтопления занимались М.В.Болгов (1995), И.В.Галицкая (1997), К.М.Голубенцова, Е.С.Дзекцер (2002), Г.Н.Дублянская (1998), В.Н.Дублянский (1998), А.Г.Емельянов (1975), Л.В.Жемерикина (1998), Г.С.Золотарев, И.Г.Казакова (1993, 1997), О.И.Купалов-Ярополк (1998), А.Д.Ларионов (1994), О.А.Маковецкий (2004), Г.Н.Петров (1970), И.В.Попов, А.Я.Ратиев (1993), О.В.Слинко (1998), Б.Хамраев (1992), В.М.Швец (1998), Т.Н.Юганова (1979) и многие др. ученые.

Основные положения этой теории включают в себя анализ природных и техногенных факторов развития этих процессов, их количественный анализ, методы прогнозирования и инженерной защиты. Теория инженерно-геологической оценки заболачивания и подтопления выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория инженерно-геологической оценки выветривания – вспомогательная теория система собственных понятий, номологических высказываний и теоретических положений, включающих расчленение зон выветривания в инженерно-геологических целях.

Основные положения этой теории сводятся к следующим позициям: 1) выветривание развивается в результате физических, химических и биологических агентов; 2) в результате выветривания формируется вертикальная зональность массива грунтов; 3) в каждой из этих зон закономерно изменяются состав, строение, состояние и свойства грунтов; 4) интенсивность выветривания зависит от физико-географических и климатических условий территории (региональных и зональных факторов), а также от состава, строения и свойств исходных грунтов; 5) выветривание грунтов оценивается целым рядом количественных показателей; 6) для предотвращения выветривания применяется комплекс инженерных защитных мероприятий.

Изменение мощности (h) зоны выветривания во времени (t) описывается функцией (Матвеев, 1972):

$$h = a\sqrt{t - t_0}, \text{ при } t_0 \le t \le T,$$

где а – коэффициент, равный скорости выветривания за первый год; t_0 – время, проходящее от обнажения поверхности до появления первых признаков выветривания; T – время образования коры полного профиля.

В разработку этой теории внесли вклад С.Д.Воронкевич, И.И.Гинзбург, А.Г.Горянский, Г.С.Золотарев (1969, 1983), Н.В.Коломенский (1964), Е.В.Левицкий, З.А.Макеев, Ю.Д.Матвеев (1972), Л.А.Молоков (1985), Х.Л.Серафим, Д.П.Прохучан, А.Хэмрол, В.Б.Швец, Л.А.Ярг (1974, 1991) и многие др. Теория выполняет объяснительную, описательную и предсказательную роль.

Теория инженерно-геологической оценки устойчивости склонов. Вспомогательная теория инженерно-геологической оценки устойчивости склонов является одной из важнейших, поскольку гравитационные склоновые процессы чрезвычайно разнообразны (оползни, обвалы, осыпи, камнепады, осовы, сели, лавины и др.) и развиты весьма широко.

Георгий Михайлович Шахунянц (1904-1980)

Роман Романович Чугаев (1904-1981)

Дональд У.Тейлор

Одна из первых работ об этой теории была опубликована М.Н.Гольдштейном[1] в 1940 г. Затем в разработку этой теории и ее номологической базы внесли вклад такие ученые как И.В.Абатурова, Л.А.Аносова, Г.М.Арешидзе, Ю.Г.Баландин, А.И.Билеуш, А.Н.Богомолов, А.А.Бондаренко, С.С.Бушко, Л.К.Гинзбург (1986), В.К.Горбушина, К.А.Гулакян (1987)[2], А.М.Дёмин, Н.И.Демьянович, Н.Я.Денисов, Э.А.Джавахишвили, А.М.Дранников, Е.П.Емельянова (1972, 2000), И.Ф.Ерыш, В.В.Жихович, И.П.Зелинский, О.В.Зеркаль (1994), Г.С.Золотарев (1983), Ф.С.Зубенко, Т.А.Исмаилов, Э.В.Калинин (1992), Е.Г.Качугин, З.Т.Киселева, А.И.Клименко, А.А.Клюкин, Е.А.Козырева, Н.В.Коломенский, Н.И.Комарницкий, Б.И.Корженевский, И.Б.Корженевский, И.Г.Коробанова, В.М.Костомаров, Ф.В.Котлов, В.Ф.Краев, Б.М.Крестин, А.В.Круглов, Н.Н.Куваев, М.П.Кузьминов, В.С.Кусковский, В.В.Кюнтцель, А.Т.Леваднюк, М.О.Лейбман, А.М.Лехатинов, А.А.Лоенко, Б.М.Ломизе, В.Д.Ломтадзе, М.М.Максимов, С.Н.Максимов, В.В.Маркарьян, В.И.Мартемьянов, Н.Н.Маслов, В.С.Матвеев, А.А.Махорин, С.И.Маций, Е.Е.Минервина, И.И.Молодых (1995), С.Н.Никитин, Р.А.Ниязов, С.С.Орлов, А.Б.Островский, Г.Б.Пальшин, П.Н.Панюков, М.Н.Парецкая, Н.Ф.Петров, Л.П.Петрова-Ясюнас, И.А.Петрухина, И.А.Печеркин, Н.Ф.Погребов, И.В.Попов, Г.П.Постоев (1992), В.И.Преснухин, С.И.Пустыльник, М.О.Путикова (1997), А.Л.Ревзон, М.К.Рзаева, И.С.Рогозин, Л.Б.Розовский, Г.И.Рудько, Ф.П.Саваренский, А.В.Садов, В.Н.Саломатин, М.П.Самохвалов, Е.И.Селюков, Н.С.Сергеева, Е.Н.Сквалецкий, В.Н.Славянов (1957), Г.И.Тарасова, Д.Тейлор[3] З.Г.Тер-Мартиросян, Г.И.Тер-Степанян, К.Терцаги, С.В.Тимофеев, Т.А.Тимофеева, И.О.Тихвинский, В.Н.Ткач, Т.Е.Топчиян, Е.В.Трепетцов, Ю.Б.Трщинский, В.И.Турманина, А.Я.Туровская, В.С.Федоренко, И.В.Фёдоров (1962)[4], Г.Л.Фисенко, И.К.Фоменко, В.И.Хазин, Г.Р.Хоситашвили, П.В.Царев, А.М.Царева, Э.Д.Церетели, С.И.Чарноцкий, Е.А.Черкез, Г.Н.Чернов, М.В.Чуринов, К.Ш.Шадунц, Л.Н.Шатохина, Г.М.Шахунянц (1964, 1969)[5], А.И.Шеко и многие др., установившие ряд закономерностей, предложившие способы оценки устойчивости склонов, прогнозирования развития оползней и т.п. (Оползни..., 2010).

Одним из основных разделов данной теории является региональное и локальное прогнозирование склоновых процессов и оценка их риска. Классификация основных методов прогнозирования оползневых процессов показана на рис. 8.4.

Важнейшей частью этой теории является оценка устойчивости склона и расчет коэффициента устойчивости. В зависимости от действующих факторов, влияющих на устойчивость склона, выбирается тот или иной метод расчета коэффициента устойчивости: 1) метод круглоцилиндрической поверхности скольжения (разновидности: метод Терцаги, метод

[1] Гольдштейн М.Н. О теории устойчивости земляных откосов. – Гидротехн. стр-во, 1940, № 1 и 8.

[2] Гулакян К.А. Прогноз развития оползневого процесса // Автореф. дисс. д. г.-м. н. – М.: МГУ, 1987, 51 с.

[3] Тейлор Д. Основы механики грунтов: Пер. с англ. инж. Г.Л. Игнатюка. – М.: Госстройиздат, 1960.

[4] Федоров И.В. Методы расчета устойчивости склонов и откосов. – М.: Госстройиздат, 1962.

[5] Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1969.

Терцаги-Крея, метод Петерсона, метод вертикальных элементов, метод Иванова-Тейлора, метод Свена Гультена, метод весового давления и т.д.); 2) метод Ю.И.Соловьева (1962); 3) «метод F_p» – приближенный метод равнопрочного откоса или метод Н.Н. Маслова (1970); 4) метод Р.Р.Чугаева (1967); 5) метод горизонтальных сил (метод Маслова-Берера, шанхайский метод); 6) метод касательных сил (метод отсеков, метод Петерсона, метод алгебраического суммирования и др.); 7) аналитический метод Г.М.Шахунянца (1969); 8) графоаналитический метод многоугольников сил Г.М.Шахунянца (1969); 9) ускоренный способ расчета методом Г.М.Шахунянца (1969); 10) графостатический метод Л.Л.Перковского (1964)[1]; 11) метод блока и призм; 12) метод Л.П.Ясюнас (1940)[2]; 13) метод ДИИТа (разработан в Днепропетровском институте инженеров транспорта Б.В. Веселовским, А.Г. Дорфманом, Д.В. Смирновым и М.И. Шевченко под руководством д-ра т. н. М.Н. Гольдштейна) и др.

[1] Перковский Л.Л. Элементы расчета устойчивости оползневого массива. – В сб.: Оползни и борьба с ними: Тр. / Сев.-Кавказ. семинара. – Ставрополь, 1964.

[2] Ясюнас Л.П. Вопросы борьбы с оползнями на железных дорогах. – М.: Трансжелдориздат, 1949.

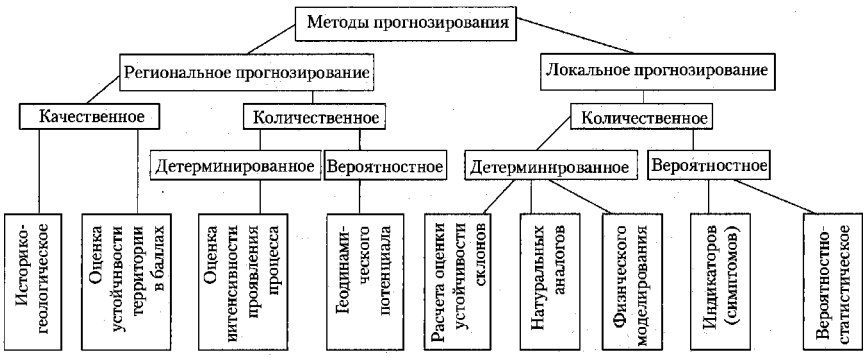


Рис.8.4. Классификация методов прогнозирования оползневых процессов (Гулакян, Кюнтцель, Постоев, 1977)

Анализ перечисленных методов, выполненный Л.К.Гинзбургом показал, что для проектирования противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения наиболее приемлемыми являются методы Н.Н. Маслова и Г.М. Шахунянца. Причем при выполнении компьютерных расчетов следует применять метод горизонтальных сил Н.Н. Маслова или аналитический Г.М. Шахунянца. При расчетах вручную рекомендуется использовать разработанный автором ускоренный способ определения оползневого давления методом Г.М. Шахунянца. Достоверность принятой методики проверена им более чем на 60 противооползневых удерживающих конструкциях, запроектированных и построенных за 12 лет. Статистическая обработка результатов расчетов, а также наблюдения за поведением эксплуатируемых сооружений подтвердили, что методы Шахунянца и Маслова дают наиболее близко отвечающие действительным величины оползневого давления. Наиболее опасная поверхность скольжения (экстремаль) может быть установлена методом пробных попыток – путем расчета коэффициентов устойчивости (K_y) склона для различных поверхностей и принятия той, для которой K_y минимален.

Когда поверхность скольжения не предопределена геологическим строением склона и наиболее опасное ее положение нельзя установить по материалам инженерно-геологических изысканий, оползневое давление можно определять вариационными методами расчета.

Для определения коэффициента устойчивости (K_y) склона, кроме методов Г.М. Шахунянца и Н.Н. Маслова, допускается применять методы круглоцилиндрической поверхности скольжения (как правило, в однородных грунтах) и Ю.И. Соловьева.

Важной частью данной теории является активизация склоновых процессов под действием сейсмических факторов (триггерный механизм). В разработку данной проблемы внесли вклад многие ученые, в том числе Г.С.Золотарев, В.С.Федоренко, О.В.Зеркаль, В.Ю.Ионов (2011), З.А.Калметева и Б.Д.Молдобеков (Environmental..., 2011), Вен-Каи Фенг и др. (Environmental..., 2011), Ксиао Ху и др. (Environmental..., 2011) и др.

В рамках этой теории разработаны различные классификации склоновых процессов (включая оползневые), приводимые ниже. Одной из первых морфологических и генетических классификаций оползней и обвалов была классификация И.А.Двойченко (1929)[3]. Затем в 1935 г. была создана классификация оползней Ф.П.Саваренским[4], в 1939 г. – Н.В.Родионовым[5]. Наряду с вышеотмеченными классификациями оползневых процессов были разработаны динамико-морфогенетическая классификация оползневых явлений К.С.Оводовым (1948), классификация природных устойчивых склонов Г.С.Золотарева (1949), классификации оползней С.С.Буцько (1951, 1965, 1970), инженерно-геологическая классификация оползней Е.Е.Минервиной

[3] Двойченко И.А. Морфологическая и генетическая классификация оползней и обвалов / Вестн. НИИ водного хозва Украины. – Киев, 1929. Т.II. 1927-1928. Ч. 2. С. 99-107.

[4] Саваренский Ф.П. Опыт построения классификации оползней. / Тр. I Всес. оползн. совещ. – Л., 1935, с. 29-37.

[5] Родионов Н.В. Классификация оползней. – Тр. МГРИ, 1939, т.15.

(1953)[1], классификация гравитационных движений пород на склонах в инженерно-геологических целях Г.С.Золотарева (1956), классификация оползней И.В.Аникина (1957), классификация оползневых трещин Г.И.Тер-Степаняна (1958), классификация оползней по их плановому изображению В.Г.Можаевой (1964), классификация оползневых смещений в лёссах И.А.Петрухиной (1969), классификация оползневых явлений С.З.Захидова (1971), классификация и типизация оползней И.М.Световарова (1972), классификация континентальных оползней Ю.П.Смирнова и др. (1999) и др.

Игорь Петрович Зелинский (1933-2002)

Ася Яковлевна Туровская

Константин Шагенович Шадунц

Вопросы выбора соответствующей классификации оползней для целей разработки противооползневых мероприятий анализировали С.И.Пустыльник (1973) и В.И.Клименко (1988). Общие вопросы классифицирования оползней обсуждал Н.Ф.Петров (1987, 1988).

Классификация форм нарушения устойчивости склонов Н.Н.Маслова – опубликована в 1955 г., объединяет различные склоновые явления, характер и скорость развивающихся деформаций и др.

Классификация оползневых явлений Е.П.Емельяновой – составлена в 1963 г. на морфологической основе для целей инженерно-геологического картирования. Она же в 1972 г. опубликовала схему общей классификации оползней с выделением групп и классов.

Классификация оползней К.А.Гулакяна и В.В.Кюнтцеля – составлена в 1970 г. на основе оценки механизма развития оползней.

Классификация оползней И.П.Иванова – опубликована в 1971 г. и составлена на основе учета ряда признаков оползней и причин нарушения устойчивости.

Классификация гравитационных явлений В.Д.Ломтадзе – разработана в 1976 г., доработана в 1977 г. для инженерно-геологической оценки гравитационных явлений на склонах.

Классификация склоновых процессов Г.С.Золотарева – издана в 1983 г., рассматривает группы, типы и виды гравитационных процессов.

Классификация оползней по скорости смещения К.Шабла и Э.Эккеля – регламентирует оползни по скорости их смещения, подразделяя их на семь категорий.

Классификация оползней В.Ф.Краева – составлена в 1987[2] г. как общая классификация.

Классификация простых оползней Н.Ф.Петрова – издана в 1987 г., в ней выделяются классы, подклассы, группы, подгруппы и типы оползней.

Классификации оползней Г.П.Постоева (1988, 1992) – составлены на основе выявления механизма нарушения равновесия грунтовых массивов, определяющего закономерность формирования оползней и их основного смещения.

Классификация оползней Дорожно-исследовательского бюро США – издана в 1958 г., учитывает приуроченность оползней к типам массивов.

Следует добавить, что большинство из вышеперечисленных классификаций гравитационных процессов на склонах имеет те же недостатки, что и вышерассмотренные общие классификации процессов.

Рядом авторов были разработаны региональные классификации оползней: классификация оползней Украины А.М.Дранникова (1949), классификация оползней на буро-угольных разрезах Северного Урала В.В.Камшилова (1957), классификации оползней южного берега Крыма И.Б.Корженевского (1960) и Ф.В.Котлова (1973), классификация оползней Дзирульского массива Грузии Г.М.Арешидзе (1962), классификация оползней Закавказья Е.Е.Минервиной (1964), классификация оползней Черноморского побережья Абхазии Г.В.Гвелесиани (1967), классификация

[1] Минервина Е.Е. Принципы инженерной классификации оползней. – Изв. Тбилис. НИИ сооружений и гидроэнергетики, 1953. Т.5.

[2] Краев В.Ф. Общая классификация оползней. – Основания и фундаменты. – Киев, 1987, № 20, с. 37-39.

оползней Узбекистана Г.Л.Круковского (1974), классификация оползней Черноморского побережья Кавказа В.С.Курдякова (1975), классификация оползней Таджикистана В.И.Преснухина и др. (1975), классификация оползней Азербайджана Б.А.Будагова (1978), классификация оползней Каневского водохранилища Е.Н.Беспаловой (1987), классификация оползней побережья Азовского моря Н.М.Сёмкина (1994), классификация оползневых массивов Кабардино-Балкарии Д.А. Шантуковой (2004) и др.

Кроме того, из анализа склоновых процессов выявлены нижеследующие закономерности.

Закономерность изменения устойчивости склонов характеризует известное положение о том, что устойчивость склонов, сложенных дисперсными грунтами, снижается при: увеличении их крутизны; росте обводненности (увлажненности) склона и снижении его дренированности; увеличении пригрузки верхней части склона, подработке нижней части склона; увеличении гидродинамического бокового давления, сведении растительности и др. (формулировка авторов). В общем виде эта закономерность для коэффициента устойчивости (K_y) может быть описана функцией:

$$K_y = f\left(\frac{\varphi, C, P_н, R}{\alpha, W, P_в, P_г, K_в}\right),$$

где φ – угол внутреннего трения грунта; С – сцепление грунта; $P_н$ – пригрузка нижней части склона; R – наличие растительности; α – крутизна склона; W – увлажненность грунтов склона; $P_в$ – пригрузка верхней части склона; $P_г$ – гидродинамическое боковое давление; $K_в$ – коэффициент выветрелости грунтов склона. Явный вид этой функции пока не установлен.

Закономерность изменения устойчивости обнажений в выработках. Формула открытия: «Экспериментально установлена неизвестная ранее закономерность изменения устойчивости обнажений в выработках, образованных в породном массиве, содержащем структурные дефекты в виде плоскостей ослаблений (типа трещин или наплистований), заключающаяся в том, что устойчивость породных обнажений образованных под углом к плоскостям ослаблений со стороны лежачего бока уменьшается по сравнению с устойчивостью породных обнажений, образованных со стороны висячего бока, что обусловлено концентрацией напряжений».

Авторами открытия этой закономерности (открытия зарегистрированного Международной ассоциацией авторов научных открытий, диплом № 131) являются В.Г.Агеев, С.В.Кужель, Е.А.Сдвижкова, С.Б.Тулуб и А.Н.Шашенко[1]. Приоритет открытия: 21 августа 1999 г.[2]. Указанная закономерность имеет значение не только в горном деле, но и в области инженерной геодинамики при оценке устойчивости склонов.

[1] Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы / Составитель В.В.Потоцкий. – М. – СПб, 2000, с. 114.

[2] Агеев В.Г. и др. Исследование влияния угла падения трещин на устойчивость обнажений. – Науковий вісник ИГАУ, 1999, № 5.

Сергей Николаевич Максимов (1912-1979)

Сергей Валерианович Тимофеев

Владимир Митрофанович Кутепов

В рамках теории инженерно-геологической оценки склоновых процессов рассматриваются и такие специфические склоновые процессы как движение снежных лавин, ледников, курумов, солифлюкция, хотя два последних процесса часто рассматривается в рамках теории криогенных геологических процессов, характеризуемых ниже (Инж. геология России, 2013).

Таким образом, теория инженерно-геологической оценки устойчивости склонов выполняет описательную, объяснительную и предсказательную функции.

Теория инженерно-геологической оценки напряженного состояния массивов грунтов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке и закономерностях напряженного состояния массивов грунтов.

Теория базируется на ряде более общих теорий механики, приводимых ниже.

Теория распределения напряжений Буссинеска – система умозаключений, описывающая распределение напряжений в полубесконечной упругой

однородной изотропной среде при приложении к ее поверхности вертикальной сосредоточенной силы. Согласно этой теории под точкой приложения силы P в среде возникают напряжения (σ) в объеме сферы. Полное напряжение в любой точке сферы σ пропорционально силе P и обратно пропорционально расстоянию от точки приложения и зависит от угла наклона между вертикальной осью симметрии и линией, соединяющей точку сферы с точкой приложения сосредоточенной силы. Ж.В.Буссинеск получил выражения для нормальных, касательных и полных напряжений в этой сфере.В соответствии с принципом Б.Сен-Венана[1] сосредоточенную силу P можно заменить равномерно распределенной нагрузкой P_p по кругу радиуса a. В этом случае нормальные напряжения σ_z на любой глубине Z определяются из выражения:

$$\sigma_z = P_p \left\{ 1 - \left[\frac{1}{1+\left(\frac{a}{Z}\right)^2} \right] \right\}.$$

Теория распределения напряжений Гейма и Динника – система умозаключений, описывающая распределение напряжений в толще грунтов, меняющихся с глубиной по гидростатическому закону. Выдвинута в 1878 г. А.Геймом[2] в качестве гипотезы о гидростатическом распределении напряжений с глубиной: $\sigma = \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \rho g H$, где ρ – плотность грунта; g – ускорение свободного падения; H – глубина. А.Н.Динник[3], основываясь на теории упругости, предложил для горизонтальных напряжений учитывать боковое давление: $\sigma_2 = \sigma_3 = \xi \cdot \sigma_1$, где ξ – коэффициент бокового давления, равный $\mu/(1-\mu)$, где μ – коэффициент Пуассона, и лежащий в пределах 0,2-0,45.

В рамках теории инженерно-геологической оценки напряженного состояния массивов грунтов установлены закономерности распределения напряжений в зависимости от целого ряда факторов: формы склонов, неоднородности строения массива, условий залегания пород, анизотропии их свойств, степени трещиноватости, наличия тектонических сил, сейсмического воздействия, техногенных факторов и др. Установлены морфологические особенности различных зон напряжений и их концентрации в массивах грунтов, позволяющие проводить их учет при оценке ИГУ конкретных массивов грунтов.

Её наработки используются весьма широко для целей прогнозирования развития различных процессов, оценки устойчивости склонов и т.п. В разработку этой теории внесли вклад А.В.Аникеев (2014), Г.С. Золотарев, М.А.Иофис, Э.В.Калинин (1985,1992, 2003), О.А.Коробова (2002), Т.И.Кравченко (2013)[4], В.М.Кутепов (1965, 1973, 1983), С.Н.Максимов, Л.Мюллер (1984), Е.М.Пашкин, И.М.Петухов, И.А.Турчанинов (1977), Л.В.Шаумян, и др. Кроме того, в развитие этой теории внесли большой вклад специалисты горного дела в связи с оценкой напряженного состояния пород в горных выработках (Инж. геология России, 2013).

В рамках этой теории сформулированы следующие законы и закономерности.

Закон естественных напряжений – естественное напряженное состояние верхних горизонтов земной коры определяется совместным действием ряда неоднородных силовых полей, основными из которых являются гравитационное, тектоническое и температурное (Калинин, 1985; Теор. основы..., Геол. основы, 1985).

Закон определяет методологию изучения полей естественных напряжений в массивах горных пород при инженерно-геологических исследованиях.

Закон изменения естественных напряжений – поля естественных напряжений в массивах пород верхних горизонтов земной коры изменяются (перераспределяются) под влиянием изменения рельефа, действия подземных вод, внутренних полостей в массивах, сейсмических воздействий, космических гравитационных воздействий (Теор. основы..., Геол. основы, 1985).

Закон определяет основные факторы перераспределения полей естественных напряжений в массивах горных пород. Пока закон имеет лишь вербальную формулировку, однако для целого ряда условий его проявления перераспределение напряжений в массивах пород описывается математическими выражениями, позволяющими моделировать эти изменения.

Закономерность факторов концентрации напряжений – «величины напряжений и расположение зон их концентрации зависят от сочетания действующих в слагающих склоны массивах пород факторов. Концентрация напряжений возникает в основании и верхних частях склонов, а также на контактах пород с различными свойствами, вблизи трещин, в местах приложения дополнительных нагрузок и т.д. Вклад каждого фактора в изменении величины напряжений оценивается с помощью коэффициента концентрации» (Калинин, 1992, с.6).

Закономерность сейсмического влияния на концентрацию напряжений – «сейсмическое воздействие формирует две зоны концентрации напряжений: в области, где падающая волне встречается с поверхностью склона, и там, где направление распространения волны совпадает с касательной к склону. При взаимодействии падающих, и отраженных волн первая зона концентрации перемешается вдоль поверхности склона вверх, а во второй напряжения, достигнув максимальных величин, уменьшаются до номинальных. Этот процесс периодически повторяется» (Калинин, 1992, с.6).

[1] Барре де Сен-Венан (1797-1886) – французский инженер, гидравлик и механик, член Парижской АН.

[2] А.Гейм – швейцарский геотектоник, изучавший напряжения в земной коре.

[3] А.Н.Динник (1876-1950) – академик АН СССР, ученый-механик, работавший в области теории упругости.

[4] Кравченко Т.И. Изучение и оценка предельно напряженного состояния слабых грунтов оснований инженерных сооружений. / Автореф. дисс. ....канд. г.-м. наук. – Екатеринбург, УГГУ, 2013, 23 с.

Закономерность распределения напряжений в неоднородных массивах – *«в неоднород*ных массивах, состоящих из нескольких периодически переслаивающихся пород различной жесткости, распределение напряжений подчиняется закономерностям, характерным как для неоднородных, так и для анизотропных массивов. В этом случае расположение зон концентрации тесно связано с взаимным соотношением направления склона и плоскостей анизотропии, в том числе и при заложении долин вдоль осей складок. Концентрация напряжений в жестких породах слоистого массива происходит в нижних частях склона, где падение пород совпадает со склоном, а в мягких слоях того же массива – на противоположном склоне» (Калинин, 1992, с.6).

Закономерность провалов над горными выработками – вероятность провалов земли уменьшается с увеличением глубины заложения выработок и мощности толщи связных пород в ее кровле (Ройтер, 1984, с. 11)[1].

Теория инженерно-геологической оценки карста. Вспомогательная теория инженерно-геологической оценки карста (инженерно-геологического карстоведения) включает в себя понятийную базу, номологические высказывания и теоретические положения по инженерно-геологической оценке карста.

В становление и развитие отечественного инженерного карстоведения внесли вклад такие ученые как В.Н.Андрейчук (1988), А.В.Аникеев (1990), В.Л.Беляев (1960), М.С.Газизов (1979), Н.А.Гвоздецкий (1972, 1984), В.Н.Дублянский (1992, 2004), И.К.Зайцев, В.Н.Кожевникова (1984), Г.В.Короткевич (1970), В.И.Костенко (1979), Ф.Ф.Лаптев, А.Г.Лыкошин (1968), В.С.Лукин, З.А.Маккавеев, Г.А.Максимович (1963, 1969), И.А.Печеркин (1982), И.В.Попов (1959), Н.В.Родионов (1963), Г.И.Рудько (1992), Ф.П.Саваренский, Д.С.Соколов (1962), В.В.Толмачев (1990, 2004, 2011) и многие др.

Кроме того, изучением различных закономерностей динамики карста занимались В.В.Акулова (2004), Н.Г.Анисимова (2004), Е.С.Ашпиз (2011), С.А.Виноградова (2011), Г.П.Вологодский (1961), А.Я.Гаев (1997), Н.К.Гвоздецкий (1984), С.В.Горбова (2006), О.Н.Грязнов, Р.Б.Давыдко (2011), А.С.Дервариани (1960), Г.Н.Дублянская (1992, 2004), В.А.Елкин (2004), В.Е.Закоптелов (1982), В.П.Зверев (2002, 2011), В.Л.Злобина (1981), Г.С.Золотарев (1983), Д.Р.Золотарёв (2011, 2013), И.А.Кожевникова (2004), И.В.Козлякова (2004), В.П.Костарев (2004, 2011), П.А.Костин (1966), А.Д.Кочев (1990), Н.И.Кригер, В.М.Кутепов (2002, 2004), Н.В.Лаврова (2004), В.М.Литвин, М.М.Максимов (2002), В.Е.Малахов (2004), Т.В.Мамонова (2004), М.А.Маркова (2004), Н.Л.Мясоедова (2004), И.А.Саваренский (1995, 2004), Ф.Ройтер (1990), Г.Г.Скворцов (1955), Д.А.Тимофеев (1991), А.И.Травкин (1989), В.П.Хоменко (1985, 1986, 2003, 2011), Р.А.Цыкин (1990), А.Г.Чикишев (1979), С.В.Щербаков (2011, 2013)[2] и многие др. ученые.

В разработку положений об инженерной защите от карста внесли вклад В.Н.Дублянский, М.В.Леоненко (2011), В.В.Толмачев (2011) и др.

Подразделение массивов горных пород по водопроницаемости, закарстованности и трещиноватости было разработано В.Д.Ломтадзе (1977).

Георгий Алексеевич Максимович (1904-1979)

Виктор Николаевич Дублянский (1930-2012)

Владимир Викторович Толмачев

Закономерность форм разрушения связных грунтов над карстовой полостью – существуют две такие формы: 1) обусловлена классическим механизмом образования окна в водоупоре – изгиб слоя, образование трещин отрыва и свода обрушения; 2) обусловлена механизмом гидравлического разрушения слабопроницаемых пород при снижении напора трещинно-карстовых вод без наличия крупных ослабленных участков (Аникеев, 2014).

Закономерность напряженного состояния грунтов над карстовой полостью – это состояние есть алгебраическая сумма «литостатических напряжений и напряжений, возникающих в аналогичной невесо-

[1] Ройтер Ф. Инженерная геология и горное дело. // 27-й Межд. геологический конгресс: Инж. геология. Секция С.17. Доклады. Том 17. – М., Изд-во Наука, 1984, с.8-14.

[2] Щербаков С.В. Интегральная оценка карстоопасности районов развития карбонатно-сульфатного карста на примере Среднего Предуралья. / Автореф. дисс. ....канд. г.-м. наук. – Екатеринбург, УГГУ, 2013, 23 с.

мой толще под действием нагрузки, компенсирующей вертикальное давление грунтов в их подошве» (Аникеев, 2014).

Концепция зонального строения области влияния ослабленного участка над карстовыми пустотами – в окрестности полости грунты приобретают зональное строение (структуру); в границах эллиптической области деформирования возникают: 1) зона обрушения; 2) зона разгрузки напряжений; 3) зона опорного давления; 4) переходная зона (Аникеев, 2014, с.6).

Теория инженерно-геологической оценки суффозии – вспомогательная теория, система собственных понятий, номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке и закономерностях суффозии в грунтах.

Изучению инженерно-геологических особенностей суффозии посвящены работы Ю.В.Архидьяконских (1982), Н.М.Бочкова (1936), И.Ф.Володько, М.С.Газизова (1979), В.Н.Жиленкова (1975), Е.П.Емельяновой (1968), В.С.Истоминой, К.Я.Казакова (2000), В.Н.Кондратьева (1958), Г.В.Короткевича (1964), В.И.Костенко (1979), А.Д.Кочева (1990), Н.П.Матвеева (1969), В.Н.Славянова (1979), А.И.Печеркина и В.Е.Закоптелова (1982), И.О.Тихвинского (1985), Дж.Хатчинсона (1982), В.П.Хоменко (1990, 2002, 2003, 2004) и многих др. ученых.

В рамках этой теории разработана оценка природных и техногенных факторов развития суффозии, выявлены региональные особенности ее распространения, предложен ряд параметров для ее количественной оценки и прогнозирования и на этой основе предложен комплекс инженерных мероприятий для защиты от этого процесса (Инж. геология России, 2013).

Классификация суффозионных проявлений – в виде псевдо-вулканов, образования ниш, оползней, понуров, провалов, оседаний и т.п. была разработана В.П.Хоменко (2002). Им же была предложена классификация «постсуффозионных» геологических процессов.

Теория инженерно-геологической оценки эоловых процессов – вспомогательная теория, система номологических умозаключений и теоретических положений об инженерно-геологической оценке и закономерностях эоловых процессов. В рамках теории рассматриваются инженерно-геологические особенности дефляции, корразии, эолового переноса и аккумуляции и др.

Изучением различных эоловых процессов занимались Д.Л.Арманд, Л.С.Берг, В.А.Обручев, Г.П.Глазунов (1990), А.С.Кесь (1976), Г.А.Ларионов (1979), Л.Ф.Литвин, Н.И.Маккавеев (1964), М.П.Петров (1950), Е.И.Сахарова (1964), Б.Н.Сенкевич (1976), Е.М.Сергеев, А.В.Сидоренко, Б.А.Федорович (1976), Р.С.Чалов (1964) и др. ученые.

Теория инженерно-геологической оценки мерзлотных процессов – вспомогательная теория, система собственных понятий, классификаций и номологических высказываний об инженерно-геологическом анализе криогенных и посткриогенных процессов. К первым относят процессы в грунтовых массивах, связанные с переходом температуры через 0°С в область отрицательных температур, ко вторым – с преходом в обратном направлении (Инж. геология России, 2013).

В разработку этой теории внесли вклад С.В.Алексеев (2007), Ф.Э.Арэ (1998), В.Е.Афанасенко, Ю.Б.Баду, В.В.Баулин, Ю.К.Васильчук, Е.А.Втюрина, Б.И.Втюрин, Л.С.Гарагуля, С.Е.Гречищев, М.Н.Григорьев (2008), И.Д.Данилов, Б.Н.Достовалов, Г.И.Дубиков, Е.М.Катасонов, В.Н.Конищев, В.И.Кравцова, В.А.Кудрявцев, В.Л.Невечеря, С.А.Огородов, А.И.Попов (1967), С.О.Разумов, В.В.Рогов, Н.Н.Романовский, М.И.Сумгин, В.Т.Трофимов, В.Е.Тумской (2002), А.И.Тюрин, Н.Г.Фирсов и др. (1986), Л.В.Чистотинов, А.И.Шеко, Д.М.Шестернев, Ю.Б.Шешин, Ю.Л.Щур (1980), Л.А.Хрусталёв и многие др.

Академик Павел Иванович Мельников (1908-1994)

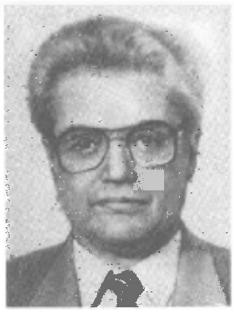
Владимир Алексеевич Кудрявцев (1911-1982)

Станислав Евгеньевич Гречищев (1934-2010)

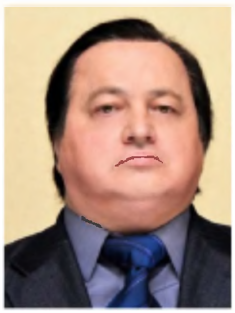
В рамках этой теории рассматривается чрезвычайно широкий круг мерзлотных процессов, для характеристики каждого из которых разработаны свои теоретические положения (свои вспомогательные теории). Так среди криогенных процессов выделяются вспомогательные теории: 1) сегрегационного льдообразования; 2) морозобойного растрескивания; 3) локализованного сегрегационного льдообразования с растрескиванием; 4) локализованного инъекционного льдообразования с пучением; 5) консервации речных, озерных и морских льдов; 6) морозного выветривания; 7) сортировки обломочного материала и пятнообразования; 8) наледообразования (Инж. геология России, 2013).

Среди посткриогенных процессов выделяются вспомогательные теории 1) термокарста; 2) термоэрозии; 3) термоабразии и др.

Людмила Семеновна Гарагуля



Лев Николаевич Хрусталёв



Юрий Кириллович Васильчук

Кроме того, различают вспомогательные теории, характеризующие развитие мерзлотных процессов в многолетнемерзлых породах (инъекционное льдообразование, бугры пучения, криопэги и др.) и в зоне сезонной мерзлоты (Инж. геология России, 2013).В состав данной теории входит анализ основных природных и техногенных факторов развития данных процессов, их количественная оценка, прогноз развития и оценка риска, а также рациональный комплекс мероприятий инженерной защиты.

Теория выполняет описательную, объяснительную и прогнозную функции.

Теория инженерно-геологического прогнозирования ЭГП – вспомогательная теория, система номологических высказываний и теоретических положений о методологии и способах инженерно-геологического прогнозирования различных ЭГП.

В разработку этой теории внес вклад Г.К.Бондарик (1972)[1], предложивший классификацию инженерно-геологического прогнозирования, а также такие ученые как А.В.Аникеев (2014), С.Е.Гречищев, Е.П.Емельянова, И.П.Зелинский (1975), Г.С.Золотарев, А.А.Каган (1984, 1993)[2], В.В.Кюнтцель (1992), А.М.Лехатинов (2004), И.В.Попов, Г.П.Постоев (1992), Л.Б.Розовский, А.И.Шеко (1986), Н.Л.Шешеня (1986) и многие др.

Г.К.Бондарик (1984)[3] вопросы инженерно-геологического прогнозирования разрабатывал на основе системного подхода. М.Минков (1984)[4] обосновал количественный прогноз просадочности лёссовых грунтов. В рамках этой теории Н.Л.Шешеня (1986) обосновал применение вероятностно-статистических методов для целей прогнозирования опасных ЭГП.

В теорию прогнозирования оползней существенный вклад внес Г.П.Постоев (1992). Им разработан и опробован детерминированный метод прогнозирования отчленения нового оползневого блока на основе учета механизма формирования оползня по схеме сжатия в условиях ограниченного бокового расширения. Кроме того, им разработаны и опробованы новые вероятностные мелели прогнозирования оползневого процесса: 1) для оценки возможности возникновения или активизации оползней на исследуемой территории (метод геодинамического потенциала); 2) прогнозирования состояния оползня на период упреждения (с использованием байесовского подхода); 3) прогнозирования скорости смещения оползня с определением вероятностного комплексного показателя состояния; 4) возможности отчленения нового оползневого блока (основного смещения оползня). Классификация методов прогнозирования оползней представлена на рис.8.4.

А.А.Каган (1993) разработал схему и алгоритм прогнозирования инженерно-геологических усло-

[1] Бондарик Г.К. Классификация инженерно-геологического прогнозирования и перспективы развития методов прогнозирования. – Тр. ВСЕГИНГЕО, 1972, вып. 57, с. 5-18.

[2] Каган А.А. Основы теории прогнозирования инженерно-геологических условий при гидроэнергетическом строительстве. /Автореф. дис.... докт.г.-м. наук. – СПб, Горный ин-т, 1993, 110 с.

[3] Бондарик Г.К. Системный подход при инженерно-геологических прогнозах. // 27-й Межд. геологический конгресс. Инж. геология. Секция С.17. Доклады, том 17. – М., Изд-во Наука. 1984. с.52-58.

[4] Минков М. Количественный прогноз просадочности лёссовых пород. // 27-й Межд. геологический конгресс. Инж. геология. Секция С.17. Доклады, том 17. – М., Изд-во Наука, 1984, с.58-65

вий для целей гидротехнического строительства на основе системного анализа. А.М.Лехатиновым (2004) разработаны принципы, методы и технология временного прогнозирования ЭГП малоизученных территорий и региональные долговременные прогнозы активизации наиболее опасных процессов в естественных условиях; прогноз активизации природно-техногенных процессов и изменения экологических условий территорий с различной степенью уязвимости геологической среды под влиянием антропогенных нагрузок. И.В.Абатуровой (2012) разработан прогноз ИГУ месторождений полезных ископаемых различных категорий сложности, обоснован комплекс методов прогноза устойчивости горнодобывающих сооружений в зависимости от стадии разработки месторождений. А.В.Аникеевым (2014) обосновано прогнозирование провалов и оседаний земной поверхности в карстовых районах методом моделирования на эквивалентных пластических материалах и фильтрационного лоткового моделирования.

В рамках данной теории рассматриваются следующие методы инженерно-геологического прогнозирования ОГП (Инж. геология России, 2013): 1) сопоставление графиков проявления ЭГП и факторов, их обусловливающих; 2) анализ временных рядов проявления ЭГП по частям 11-летнего солнечного цикла; 3) анализ проявления ЭГП по интегральным кривым аномалий; 4) нахождение статистического закона распределения проявления ЭГП; 5) установление цикличности проявления ЭГП с помощью анализа автокореллограмм и гармонического анализа; 6) установление корреляционных связей.

Реализация этих методов в настоящее время наиболее успешно осуществляется с использованием данных мониторинга на базе специализированных ГИС путем математического моделирования. На основе этой теории разработаны методические рекомендации по инженерно-геологическому прогнозированию ЭГП[1].

Таким образом, теория инженерно-геологического прогнозирования ЭГП выполняет предсказательную функцию.

[1] Методика изучения и прогноза экзогенных геологических процессов // Мингео СССР, ВСЕГИНГЕО // Под ред. С.Е.Гречищева и А.И.Шеко. – М., Недра, 1988, 216 с.

8.4. Закономерности, законы и теория управления геологическими процессами и ЛТС

Совокупность базовых понятий, номологических высказываний и теоретических положений об управлении геологическими и инженерно-геологическими процессами, а также управлении ЛТС (и ПТС) составляет содержание основной теории управления геологическими процессами и ЛТС. Согласно Г.К.Бондарику (2013)[2], теоретические разработки по проблемам управления окружающей средой и ПТС представляют собой самостоятельное направление – геокибернетику. В этом смысле можно считать, что теория геокибернетики как раз и является рассматриваемой теорией управления геологическими процессами и ЛТС (ПТС).

В состав этой основной теории входит ряд вспомогательных теорий, представленных в табл. 8.4 и анализируемых ниже.

Теория литотехнических систем. Базу вышеназванной основной теории составляет вспомогательная теория литотехнических систем (и ПТС), важнейшие теоретические положения которой развиты в работах Г.К.Бодарика (1981, 2015), Т.И.Аверкиной (1997), Чан Мань Льеу (1998), С.В.Квашука (2004), И.В.Абатуровой (2012), А.Н.Галкина (2014)[3] и др. В работах Г.К.Бондарика теория ЛТС и ПТС рассматривается в рамках его более общей теории – теории геологического поля (Бондарик, Ярг, 2015). В рамках этой теории разработан понятийный аппарат о ЛТС (и ПТС), выделены их виды и иерархические уровни. В частности для целей инженерной геодинамики необходимо анализировать ЛТС (и ПТС) элементарного и локального уровней.

Кроме того, к настоящему времени разработаны теоретические представления о функционировании ЛТС (и ПТС), выделены управляющие взаимодействия, структура сферы взаимодействия элементарных ЛТС, разработаны предложения по оптимизации ЛТС (ПТС) (Бондарик, Ярг, 2015).

[2] Бондарик Г.К. Научные основы решения проблем управления окружающей средой на базе положений геокибернетики. // К 80-летию кафедры инженерной геологии: Сб. трудов / Под ред. В.В.Пендина. – Сергиев Пасад: Патриарший изд. полиграфич. центр, 2013, с. 48-55

[3] Галкин А.Н. Литотехнические системы Белоруссии. / Автореф. дисс..... докт. г.-м. наук. – М., МГУ, 2014, 37 с.

Таблица 8.4

Система теории управления геологическими процессами и ЛТС (ПТС)

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория управления геологическими процессами и ЛТС (ПТС)	Теория литотехнических систем (и ПТС)	Г.К.Бондарик (1981, 2004, 2013); Т.И.Аверкина (1997); С.В.Квашук (2004); А.Н.Галкин (2014) и др.
	Теория инженерно-геологического мониторинга геологических и литотехнических систем	Г.К.Бондарик (1986, 2009, 2015); В.К.Епишин, В.Т.Трофимов (1985); В.А.Королев (1995, 2007); Чан Мань Льеу (1998) и др.
	Теория инженерной защиты от опасных ЭГП	Г.П.Постоев (1992; В.А.Королев (2013) и др.
	Теория оценки рисков ОГП	А.Л.Рагозин, С.В.Квашук (2004) и др.

Значительное число работ посвящено анализу закономерностей устойчивости ЛТС и ПТС городских территорий, ЛТС архитектурных памятников и т.п. В 1998 г. Чан Мань Льеу разработал и уточнил границу, структуру, свойства, внутренние и внешние взаимодействия ПТС и ЛТС города, теорию ПТС и ЛТС «городская агломерация». Инженерно-геологическая типизация исторических природно-технических систем (на примере памятников архитектуры центра Европейской части России) была выполнена В.Ю.Котовым (2001). И.А.Дёмкиным (2001) выявлен механизм процесса снижения несущей способности грунтов оснований памятников русской архитектуры. О.Е.Вязковой (1995) разработаны принципы инженерно-геологических исследований ЛТС памятников архитектуры.

Особенности ЛТС линейных сооружений – железных дорог (для региона Приамурья) были рассмотрены С.В.Квашуком (2004) в связи с ИГУ территории и развитием на ней эндогенных и экзогенных процессов. Закономерности развития ЭГП в зонах линейных ПТС эга Восточной Сибири установлены В.К.Лапердиным (2003)[1].

И.В.Абатуровой (2012) показано, что ПТС месторождений полезных ископаемых – это структурированная область взаимодействия массива месторождения и горного сооружения, которая функционирует в природных условиях территории, характеризуется свойственным её набором компонентов и их параметров. Характер взаимодействия зависит от способа разработки месторождения, типа сооружения и конструктивных особенностей горных выработок. Для ПТС месторождений полезных ископаемых разработана их структура, учитывающая проектные схемы разработки месторождений, обосновано информационное обеспечение, необходимое и достаточное для оценки параметров устойчивости горного массива (Абатурова, 2012).

В рамках этой теории сформулирован следующий закон.

Закон устойчивости ЛТС и ПТС – любая ЛТС и ПТС (элементарная, локальная, региональная и др.) обладает способностью пассивно сохранять (жесткость системы или статическая устойчивость) и/или активно восстанавливать (динамическая или регуляторная устойчивость) свои существенные параметры в случае малых нарушений (внутренних или внешних воздействий) (формулировка В.А.Королева).

Закон вытекает из понятия устойчивости, определение которой было впервые сформулировано А.С.Раутианом (2006). С другой стороны этот закон может рассматриваться в более широком плане как следствие принципа Ле-Шателье-Брауна, имеющего термодинамическое объяснение (Королев В.А., 1997). Согласно этому принципу вышеприведенный закон устойчивости может распространяться не только на ЛТС или ПТС, но и на любые системы, изучаемые инженерной геологией.

Следствие 1. Любая ЛТС и ПТС способна противостоять малым возмущениям, нарушающим (но не разрушающим!): 1) её структуру; 2) установившийся режим работы (функционирования); 3) отклоняющим ранее избранную (заданную) траекторию ее движения (развития).

Следствие 2. Любая ЛТС и ПТС теряет свою устойчивость при превышении пороговых значений своих параметров.

Близкую формулировку закона устойчивости применительно к «инженерно-геологической среде» приводит Е.М.Пашкин и др. в перечне основных законов инженерной геологии: «закон устойчивости – устойчивость инженерно-геологической среды тем больше, чем меньше по размерам область влияния, величина и интенсивность внешнего воздействия» (Пашкин и др., 2011, с. 224). При этом, однако, авторы не определяют термин «инженерно-геологическая среда», хотя и используют его при формулировании и других законов.

Закон взаимообусловленности – «внешнее воздействие на любую составляющую инженерно-геологической среды в той или иной мере передается остальным составляющим» (Пашкин и др., 2001, с. 224).

Теория инженерно-геологического мониторинга геологических и литотехнических систем. Другой вспомогательной теорией является теория инженерно-геологического мониторинга геологических и литотехнических систем, включающая в себя понятия о мониторинге, его видах, структуре, целях и задачах, системе наблюдений и т.п. Эта теория охватывает лишь ЛТС (и ПТС) элементарного и локального уровней и поэтому является частью более общей теории ЛТС и геологической среды (Королев, 1995).

В разработку этой теории внесли вклад Г.К.Бондарик (1986, 2009, 2015), В.К.Епишин, О.В.Зеркаль и А.П.Камышев (2004), В.А.Королев (1995, 2007), В.С. Круподеров, В.Т.Трофимов, А.И.Шеко, многие др. При этом мониторинг рассматривается как специализированная ГИС элементарного или локального уровней, с помощью которой решаются главные задачи – прогнозирование развития геологических или инженерно-геологических процессов и управление ЛТС (ПТС) (Инж. геология России, 2013).

Широкому кругу теоретических и практических вопросов, связанных с мониторингом в инженерной и экологической геологии была посвящена Международная научная конференция «Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем»[2], которая состоялась 24-25 мая 2007 г. также на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова. В конференции приняли участие ведущие инженер-геологи из России, Украины, Узбекистана и Белоруссии. На этой научной конференции обсуж-

[1] Лапердин В.К. Закономерности развития экзогенных геологических процессов в зонах линейных природно-технических систем юга Восточной Сибири / Автореф. дисс.... докт.г.-м. наук. – Иркутск, ИЗК СО РАН, 2003, 48 с.

[2] **Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем** / Тр. Международной научной конференции (Москва, геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, 24-25 мая 2007 г.) // Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М., Изд-во Московского университета, 2007, 228 с.

дались наиболее актуальные проблемы мониторинга геологических, литотехнических и эколого-геологических систем по пяти основным секциям: 1) теоретико-методологические и методические проблемы организации мониторинга; 2) мониторинг геологических процессов природных систем; 3) мониторинг литотехнических систем; 4) мониторинг эколого-геологических систем; 5) содержание и методика преподавания курсов по мониторингу в высших учебных заведениях.

В 1998 г. Чан Мань Льеу разработал теорию и методологию организации мониторинга ЛТС «городская агломерация», обеспечивающих оптимизацию функционирования ЛТС города в экологическом, техническом, социальном и др. аспектах. Им было показано, что мониторинг ЛТС города является эффективным средством информационного обеспечения управления ЛТС города, а организация мониторинга ЛТС города основывается, главным образом, на специальном районировании города по интенсивности развития природных, техногенных геологических процессов, различающихся в пределах ОВЛ при ее функционировании. При этом: 1) пространственная структура системы пунктов получения информации (СППИНФ) адекватна структуре полей геологических параметров, отражающих соответствующие процессы; 2) объем СППИНФ пропорционален характеристикам неоднородности (интенсивности) процессов и принятым точности и вероятности оценок параметров; 3) временная структура (режим наблюдения) пропорциональна режиму процессов; 4) пространственно-временная структура и объем комплексной СППИНФ должны отражать отношения областей распространения отдельных процессов.

Предложенная автором методика представляет собой логическую систему последовательных операций, обеспечивающую корректное решение вопросов, связанных с пространственной структурой, объемом, параметрами мониторинга ЛТС города (Чан Мань Льеу, 1998). Разработанная им методика организации мониторинга ЛТС является научно обоснованной. Ее реализация применительно к ЛТС "городская агломерация" обеспечивает процесс получения минимально необходимого и достаточного объема инженерно-геологической и технической информации, используемой для оптимального управления такой сложной в отношении структуры и взаимодействий ЛТС, какой является городская агломерация.

Особенности организации систем мониторинга для территорий различных линейных сооружений (трасс трубопроводов, железных дорог и т.п.) рассмотрены в работах А.П.Камышева (2004) и С.В.Квашука (2004). В разработку вопросов мониторинга склоновых процессов внесли вклад И.В.Абатурова, Б.Аболмасов, П.Алласиа, М.Балдо, А.Манкони, С.Миленкович, Р.Пенза, Х.Рахарджо, А.Ристич, В.А.Сантозо, В.Б.Свалова, И.Торгоев (Envoronmental..., 2011) и др.

В состав теории инженерно-геологического мониторинга геологических и литотехнических систем входят и нижеследующие концепции.

Концепция раннего предупреждения негативных инженерно-геологических процессов. Формулировка концепции как таковой не опубликована, но в общем виде обозначена в ряде работ В.В.Пендина и др. (Пендин, Бабанакова, 2002; Бондарик, Пендин, Ярг, 2007). Суть концепции сводится к тому, что у большинства созданных к настоящему времени ЛТС и ПТС разного уровня не обеспечено систем контроля и управления ими. В результате этого многие ЛТС и ПТС находятся в критическом по уровням эксплуатации состоянии (пожароопасны, взрывоопасны, аварийны и т.п.).

Методологическими основами концепции раннего предупреждения являются системный подход, риск-анализ и теория мониторинга природно-технических систем (Пендин, Бабанакова, 2002). На наш взгляд эта концепция не является в строгом смысле самостоятельной, поскольку её реализация базируется главным образом на методе мониторинга ЛТС и ПТС, система которого строится с учетом и системного анализа, и оценки риска.

Концепция информационного обоснования предупреждения природно-техногенных аварий и состояния строящихся и эксплуатируемых железных дорог на севере Западной Сибири – разработана А.П.Камышевым (2004)[1].

Она базируется на теоретических представлениях о природно-технических системах (ПТС) и представляет собой совокупность научных положений и разработок в области теории, технологии, методологии и организации информационного обеспечении предупреждения критических ситуаций в состоянии ПТС. Автор обосновал понятие «критическая ситуация в состоянии ПТС» (под которой понимается совокупность всех видов и стадий нарушения устойчивости состояний ПТС, приводящих или способных привести к нарушению их нормального функционирования) и организацию информационного обеспечения предупреждения критических ситуаций в состоянии ПТС. Им введена также категория «предаварийная ситуация ПТС» (ЛТС) – «такие состояния ПТС, при которых природная их составляющая стремится нарушить устойчивость технической составляющей, однако никаких признаков такого нарушения в техническом состоянии сооружений на момент фиксации данной ситуации не имеется» (Камышев, 2004, с.7). Установлены пространственно-временные закономерности и идентификационные признаки возникновения предаварийных и аварийных ситуаций.

Теория инженерной защиты от опасных ЭГП. Не менее важной вспомогательной теорией является теория инженерной защиты от опасных ЭГП территорий и сооружений. Данная теория является важнейшим элементом управления процессами и состоянием ЛТС (и ПТС). В разработку этой теории внесли вклад А.А.Алексеев (2005), А.Ю.Баринов, А.И.Билеуш, Б.Ф.Галай, Г.Н.Жинкин, О.В.Зеркаль,

[1] Камышев А.П. Предупреждение природно-техногенных аварий при строительстве и эксплуатации железных дорог на севере Западной Сибири с использованием аэрокосмических и геоинформационных технологий. / Автореф. дисс.... докт. техн. наук. – Москва, 2004.

Г.С.Золотарев, А.И.Казеев, С.В.Квашук (2004), В.И.Клименко, В.Г.Кондратьев, В.А.Королев (2013), Г.Л.Кофф, Н.И.Кригер, А.А.Лаврусевич, Ю.А.Мамаев, П.Т.Милановић, В.Е.Ольховатенко (2011), В.И.Осипов, Т.И.Подгородная, Г.П.Постоев (1992), А.Д.Потапов, А.Л.Рагозин, С.В.Тимофеев, В.Т.Трофимов, Н.Л.Шешеня и др.

Основные теоретические положения этой теории следующие: 1). Инженерная защита территорий, зданий и сооружений должна строиться: а) с учетом инженерно-геологических условий данной территории; б) с учетом особенностей инженерно-хозяйственного освоения, типа и характера сооружений на данной территории; в) комплексно, с учетом взаимодействия всех ее элементов. 2). Инженерная защита территорий осуществляется в соответствии с порогом геологической безопасности. 3). Эксплуатация сооружений инженерной защиты должна строиться с учетом обеспечения их максимальной надежности и долговечности. 4). При широкомасштабном и высокоинтенсивном развитии неблагоприятных инженерно-геологических процессов непреодолимой силы (землетрясения, цунами, наводнения и др.) основные усилия должны быть направлены на борьбу не с самими явлениями, а с их последствиями, которые могут быть предотвращены или уменьшены сочетанием заблаговременных и экстренных мер (Базовые понятия..., 2012).

Методология инженерно-геологического обоснования защиты зданий, сооружений и территорий от ОГП изложена в ряде работ (Королев, 2013; Инж. геология России, 2013). Анализу эффективности различных противооползневых мероприятий посвящена работа В.И.Хазина (1979)[1].

В состав этой теории входят также многочисленные методы инженерной защиты от различных опасных геологических и инженерно-геологических процессов. В разработку этого раздела теории внесли вклад многие исследователи, в том числе Г.Н.Жинкин[2], В.Ф.Калганов, Г.П.Постоев (1992), С.Д.Воронкевич (2005) и др.

Так, например, Г.П.Постоевым (1992) были разработаны новые способы укрепления оползневых склонов: 1) укрепление оползней, формирующихся по механизму сжатия с образованием контрфорсов – искусственных межоползневых гребней; 2) создание в теле оползня дренирующих каналов посредством электрообработки грунта; 3) анкерное крепление тела оползня с упрочнением и осушением оползневых масс пугем их электрообработки и др.

Теория оценки рисков проявления опасных геологических процессов. В состав теории управления процессами и ЛТС входит и вспомогательная теория оценки рисков проявления опасных геологических процессов (ОГП). Она направлена на оценку возможной опасности от проявления ОГП и в этой связи – управление риском. Данная теория является частью общей теории рисков (Акимов В.А. и др., 2004; Вишняков, Радаев, 2008). В настоящее время в рамках этой теории в основном разрабатываются подходы к оценке разных видов рисков от проявления ОГП (общего, экономического, социального и т.п.), анализ риска, а также вопросы картографирования рисков (составления карт рисков).

При этом под анализом риска понимают исследование, позволяющее установить природу риска (экологическую, экономическую и т.д.) и вероятность его проявления при осуществлении какого-либо решения. Анализ риска начинается с выяснения причин риска и оценки результатов его воздействия на геологическую среду и её негативных изменений с точки зрения принимаемых решений, например, проектных. С помощью различных процедур выявляются угрозы, превышающие допустимые пределы, оценивается вероятность их возникновения, возможные последствия и намечаются меры по снижению риска (Пашкин и др., 2011).

В теорию оценки рисков ОГП внесли вклад В.П.Авдотьин (2012), Е.В.Безуглова, А.В.Бершов, В.Н.Бурова, Н.С.Грохольский (2015), А.А.Долгов, В.А.Елкин (2004), А.Н.Елохин (2000), О.В.Зеркаль, Л.В.Канторович, С.В.Квашук (2004), Г.Л.Кофф, В.И.Ларионов, С.И.Маций, А.Л.Рагозин (1997), И.В.Сидоров, И.В.Чеснокова и др. С 1993 г. под эгидой Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, МЧС РФ и ИГЭ РАН регулярно проходят международные научно-практические конференции «Геориск»[3].

Структуру этой теории как системы составляет ряд подсистем: 1) основой для прогнозирования и оценок риска потерь от ОГП являются общие закономерности развития ОГП; 2) теория и методика оценки геологических и других природных рисков -вероятностных мер соответствующих природных и (или) техноприродных опасностей, устанавливаемых для определенного объекта (субъекта) в виде возможных потерь за определенное время; 3) научная концепция профилактики и уменьшении потерь от геологических и других опасных природных процессов, базирующаяся на допустимых уровнях риска и включающая поэтапный анализ закономерностей развития и вероятностно-детерминированное прогнозирование первичных и вторичных опасностей, оценку риска возможных потерь и. как результат, принятие обоснованных управленческих решений по освоению и использованию территорий, строительству и инженерной защите населения и объектов хозяйства.

Методика оценки риска от ОГП для линейных ЛТС – сети железных дорог (в условиях Приамурья), включая оценку сейсмического риска, была разработана С.В.Квашуком (2004). Региональная оценка карстовой опасности и риска разработана В.А.Елкиным (2004). Оценка оползневой опасности и риска разра-

[1] Хазин В.И. Классификация выводов эффективности противооползневых мероприятий // Инж.-геол. св-ва грунтов и характеристика геодинам. Процессов. – Киев, 1979, с. 123-129.

[2] Жинкин Г.Н., Калганов В.Ф. Электрохимическая обработка глинистых грунтов в основаниях сооружений. – М., Стройиздат, 1980, 164 с.

[3] 9-я конференция «Геориск-2015» состоялась Москве в октябре 2015 г. (материалы см. на сайте http://geoenv.ru/conferences/georisk-2015/georisk-1.pdf)

ботана Е.В.Безугловой (2005)[1], О.В.Зеркалем (2011) и др. Оценке риска активизации опасных процессов, вызванных сейсмическими воздействиями, посвящены работы Г.Л.Коффа, О.В.Борусковой, А.И.Калашника Н.Г.Мавляновой, Н.Н.Мельникова, и др. (Environmental..., 2011). Обзор практики инженерно-геологической оценки риска на разных уровнях приведен А.В.Бершовым (Инж. геология России, 2013).

Таким образом, вышерассмотренные вспомогательные теории и входящие в них номологические высказывания составляют основную теорию управления геологическими и инженерно-геологическими процессами и ЛТС (ПТС).

[1] Безуглова Е.В. Оползневая опасность и риск смещений грнутов на склонах. / Автореф. дисс... канд. г.-м. наук. – Волгоград, ВолгГАСУ, 2005. 28 с.

8.5. Закономерности, законы и теория региональной инженерной геодинамики

Пограничное направление современной инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии – региональная инженерная геодинамика, рассматривающая временно-пространственные закономерности современных природных и антропогенно обусловленных геологических процессов. Это научное направление имеет свою научную теорию, система которой представлена в табл. 8.5.

Одна из молодых теорий. Впервые наиболее полное изложение основных положений этой теории было сделано В.Т.Трофимовым и О.В.Зеркалём (Инж. геология России, 2013). Система понятий региональной инженерной геодинамики разработана В.А.Королевым и В.Т.Трофимовым (Базовые понятия, 2012). В соответствие с этим ниже излагаются основные положения этой теории.

Таблица 8.5

Система теории региональной инженерной геодинамики

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория региональной инженерной геодинамики	Теория пространственного распределения современных природных геологических процессов	В.Т.Трофимов, О.В.Зеркаль (2013) и др.
	Теория пространственного распределения современных антропогенно обусловленных геологических процессов	В.Т.Трофимов, О.В.Зеркаль (2013)
	Теория инженерно-геодинамического районирования	В.Т.Трофимов, О.В.Зеркаль (2013)

В состав основной теории региональной инженерной геодинамики входят три вспомогательные теории (см. табл.8.5).

Теория пространственного распределения современных природных геологических процессов – вспомогательная теория, система собственной понятийной базы, закономерностей, номологических высказываний и картографических моделей временно-пространственного распределения современных природных геологических процессов и их инженерно-геологического анализа.

Эта вспомогательная теория рассматривает региональные и зональные геологические закономерности распространения современных геологических процессов на территориях с позиций инженерной геологии, т.е. в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Итогом такого рассмотрения являются картографические модели развития современных геологических процессов.

Теория выполняет описательную и предсказательную функции.

Теория пространственного распределения современных антропогенно обусловленных геологических процессов – вспомогательная теория, система собственной понятийной базы, закономерностей, номологических высказываний и картографических моделей временно-пространственного распределения современных антропогенно обусловленных геологических процессов и их инженерно-геологического анализа.

Данная вспомогательная теория рассматривает особенности проявления антропогенно обусловленных геологических процессов на освоенных и осваиваемых территориях, а также региональные (внезональные) геологические закономерности распространения современных антропогенно обусловленных геологических процессов на территориях с различными геолого-тектоническими условиями с позиций инженерной геологии, т.е. в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Итогом такого рассмотрения являются картографические модели развития современных антропогенно обусловленных геологических процессов.

Эта теория также выполняет описательную и предсказательную функции.

Теория инженерно-геодинамического районирования – вспомогательная методологическая теория, система собственной понятийной базы, методологических закономерностей, номологических высказываний об инженерно-геодинамическом районировании.

Эта вспомогательная теория является методологической основой региональной инженерной геодинамики, она рассматривает различные вопросы инженерно-геодинамического районирования (не путать с инженерно-геологическим районированием, частью которого она является), признаки и принципы такого районирования. Теория выполняет описательную и методологическую функции.

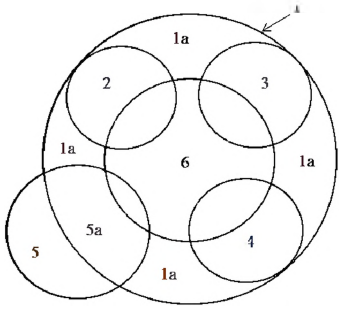


Рис. 8.5. Структура общей теории инженерной геодинамики: 1 – общая теория инженерной геодинамики; 1а – системные положения общей теории; 2 – теория инженерно-геологической оценки эндогенных геологических процессов и их техногенных аналогов; 3 – теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов; 4 – теория управления геологическими процессами и ЛТС (ПТС); 5 – теория региональной инженерной геологии; 5а – теория региональной инженерной геодинамики; 6 – теория методики инженерной геодинамики

Исходя из вышерассмотренного, можно представить логическую структуру общей теории инженерной геодинамики, которая показана на рис. 8.5.

Как следует из этой схемы в структуру общей теории инженерной геодинамики (1) входят в соотношении включения три вспомогательные теории: теория инженерно-геологической оценки эндогенных геологических процессов и их техногенных аналогов (2), теория инженерно-геологической оценки экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов (3) и теория управления геологическими процессами и ЛТС (ПТС) (4). А теория региональной инженерной геодинамики (5а) частично входит в теорию региональной инженерной геологии (5) и общую теорию инженерной геодинамики (1).

Другая вспомогательная теория – методики инженерной геодинамики (6) входит в структуру общей теории в отношениях включения и пересечения с другими вспомогательными теориями. Связующую и системообразующую роль в общей теории (1) выполняют системные положения (1а) общей теории инженерной геодинамики, в том числе опирающиеся на общие законы инженерной геодинамики.

Представленный в настоящей главе материал позволяет заключить, что не все вышерассмотренные основные и вспомогательные теории инженерной геодинамики в настоящее время имеют достаточную завершенность.

Как и в теориях грунтоведения, степень их разработанности в инженерной геодинамике весьма различна, в структуре многих теорий не хватает обобщения установленных многочисленных закономерностей, не все теории выполняют предсказательную функцию, а большинство их носит описательный характер. Эти вопросы также ждут своего дальнейшего решения.

Глава 9.
НОМОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Как показано выше, региональная инженерная геология имеет свою историю (гл.1), свою структуру и понятийно-терминологическую базу (гл.2.6), свою проблематику (гл.3.6), она использует как общие, так и специальные методы исследований (гл.4), располагает некоторыми гипотезами и новыми идеями (гл.5). Кроме того, региональная инженерная геология имеет собственную номологическую базу, составляющую важнейшую часть её методологии, как научного направления инженерной геологии. Эта база, включающая в себя установленные в области региональной инженерной геологии закономерности, законы и теории, рассматривается ниже.

9.1. Закономерности, законы и теория систематизации объектов региональной инженерной геологии

Важнейшим методологическим вопросом региональной инженерной геологии является выделение и систематизация её объектов – геологических и инженерно-геологических тел, территорий, структур и т.п. Исследованию данного вопроса посвящены многие работы И.В.Попова, В.Т.Трофимова, Г.К.Бондарика, С.Б.Ершовой и др., однако окончательно он еще не решен (Базовые понятия..., 2012). Совокупность закономерностей, законов, классификаций и вспомогательных теорий по этим вопросам составляет теорию систематизации объектов региональной инженерной геологии – важнейшую часть общей теории региональной инженерной геологии.

Таблица 9.1

Структура теории систематизации объектов регионаальной инжеиериой геологии

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория систематизации объектов региональной инженерной геологии	Теория региональных геологических и инженерно-геологических тел и территорий	И.В.Попов (1947, 1959, 1973), Г.К.Бондарик (1981); С.Б.Ершова (1985); Г.А.Голодковская (1985) и др.
	Теория геологического поля	Г.К.Бондарик (1971, 1981, 2015)
	Идея использования геологических формаций в инженерной геологии	И.В.Попов (1959), Г.А.Голодковская (1968), Г.К.Бондарик (1981) и др.
	Теория инженерно-геологических формаций	В.Т.Трофимов (1996)
	Теория грунтовых толщ	М.М.Филатов, П.И.Фадеев (1963), Е.М.Сергеев, А.С.Герасимова, В.Т.Трофимов (1972), В.Т.Трофимов, Н.Г.Фирсов (1988) и др.
	Теория инженерно-геологических структур	В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (1996, 2007), Д.А.Спиридонов

Теория систематизации объектов региональной инженерной геологии – система понятий, закономерностей и номологических умозаключений о систематике и иерархии объектов региональной инженерной геологии. Она включает в себя ряд вспомогательных теорий (табл. 9.1), рассматриваемых ниже.

Теория региональных геологических и инженерно-геологических тел и территорий – вспомогательная теория, включающая в себя, прежде всего, классификации объектов региональной инженерной геологии и методологические принципы их выделения. Как отмечал В.Т.Трофимов, в региональной инженерной геологии изучается три типа объектов: 1) реальные региональные ЛТС и ПТС; 2) идеальные региональные ЛТС и ПТС; 3) реальные природные региональные ЛТС (Трофимов, Аверкина, 2007, с.86). Все они обособляются в три группы понятий, рассмотренных в гл.2. Для их систематизации были разработаны различные классификации, используемые в региональной инженерной геологии и подробно проанализированные В.Т.Трофимовым и Т.И.Аверкиной (2007). Здесь же дадим лишь их перечисление.

Схема инженерно-геологической классификации пород на картах И.В.Попова. Была разработана И.В.Поповым в 1947 г. и затем доработана и опубликована в 1959 г. В классификации указывались категории пород от инженерно-геологических групп (низший таксон) до формаций (высший таксон), дя каждой категории указывалось то, что она характеризует и методы её выделения.

Софья Борисовна Ершова

Классификация инженерно-геологических типов территорий в пределах материков С.Б.Ершовой была опубликована в 1985 г. В ней выделялись различные зонально-геологические единицы: подзоны (низший таксон), зоны, пояса и среда (высший таксон).

Классификация геоструктурных единиц С.Б.Ершовой была разработана в 1985 г. для выделения инженерно-геологических типов территорий разных иерархических уровней. В ней в пределах планетарных структур выделены регионы рахных классов, подклассов и типов с соответствующими типологическими рядами.

Классификация зонально-геологических единиц С.Б.Ершовой, разработанная в 1985 г. для целей выделения инженерно-геологических типов территорий разных иерархических уровней.

Классификация инженерно-геологических зон В.Т.Трофимова была разработана в 1974 г., затем дополнена и расширена в 1974 и 1979 г. (табл. 9.2).

Таблица 9.2

Типы и виды инженерно-геологических зон (по В.Т.Трофимову, 1979)

Инженерно-геологические зоны						
Тип	Практически сплошного распространения ММП		Совместного распространения ММП и талых пород		Распространения талых (и немерзлых) пород	
Вид	Практически сплошного распространения ММП	Распространения ледников и ММП	Массивно-островного и островного распространения ММП	Редкоостровного распространения ММП	Распространения сильноувлажненных пород	Распространения слабо- и умеренно-увлажненных пород

Примечания. 1) В зоне практически сплошного распространения ММП занимают более 95% территории, в зоне массивно-островного и островного распространения – от 30 до 95%, в зоне редкоостровного распространения – менее 30%. 2) ММП – многолетнемерзлые породы

В рамках теории геологического поля (см. табл.9.1), разработанной Г.К.Бондариком (1981, 2015) им были составлены и обоснованы две нижеуказанные классификации.

Классификация геологически тел, выделяемых при инженерно-геологических исследованиях Г.К.Бондарика. Была разработана Г.К.Бондариком в 1981 г. и в доработанном виде опубликована в 2015 г. (Бондарик, Ярг, 2015). Это общая классификация специальных литосистем, выделяемых по вещественному признаку. В ней выделяются таксономические единицы от монопородных геологических тел третьего уровня (МГТ-3) – низший таксон, до формаций – высший таксон, с характеристикой их однородности, признаков и методов выделения, масштабом.

Классификация инженерно-геологических тел Г.К.Бондарика была составлена в 1981 г. и рассматривала уже лишь инженерно-геологические тела от инженерно-геологического элемента (ИГЭ) – низший таксон, до области взаимодействия комплекса сооружений с геологической средой (ОВС) – высший таксон.

Теория геологического поля Г.К.Бондарика – вспомогательная теория, разработанная Г.К.Бондариком в 1971 г., раскрывающая особенности поля геологического параметра и способы оценки его неоднородности и пространственно-временной изменчивости (см. также гл.7).

Теория инженерно-геологических формаций – вспомогательная теория (см. табл.9.1), система понятий, закономерностей и номологических высказываний об инженерно-геологических формациях. В рамках этой теории была разработана методика применения формационного анализа для целей региональной инженерной геологии.

Идея использования формационного анализа для решения инженерно-геологических задач принадлежит И.В.Попову (1978) и кратко сводится к следующему: поскольку геологическая формация является показателем условий их накопления, то правильно выделив формации, анализируя их и формационные ряды в пределах данной территории можно восстановить ее геологическую историю.

На основе общего учения о геологических формациях (В.Е.Хаин и др.) в региональной инженерной геологии была развита теория инженерно-геологических формаций благодаря работам Г.А.Голодковской (1968) и В.Т.Трофимова (1984).

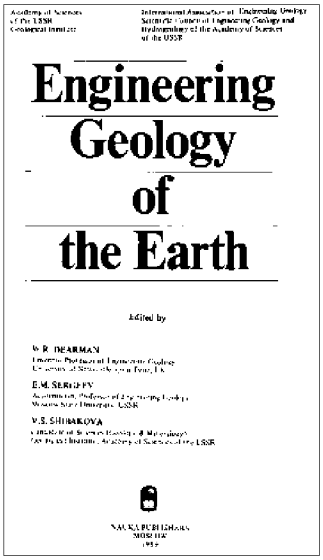


Рис. 9.1. Титульный лист монографии «Инженерная геология Земли», 1989 г.

«Применение формационного и тектонического анализа открывает богатые возможности в познании инженерно-геологических закономерностей. Основная теоретическая задача региональйой инженерной геологии — изучение закономерностей распространения ь земной коре комплексов горных пород, обладающих определенными инженерно-геологическими свойствами, может быть успешно решена лишь в том случае, если при выделении таких комплексов будет учитываться тектоническая и климатическая обстановка формирования и дальнейшего существования горной породы на всех этапах, от раннедиагенетических изменений, до гипергенных преобразований» (Голодковская, 1968, с.42).

«Учение о формациях в инженерной геологии может успешно развиваться, опираясь на достижения в этой области смежных геологических паук. Вместе с тем, инженерную геологию отличает специализированный подход к оценке формационных комплексов, что связано с характером решаемых этой наукой теоретических и практических задач. Изучение формаций в инженерно-геологических целях дополняется выяснением современного инженерно-геологического облика формационных комплексов, степени и характера литификации и метаморфизма слагающих их пород, дислоцированности, трещиноватости, гипергенных изменений, то есть факторов, определяющих прочность и поведение горных пород при взаимодействии с инженерными сооружениями.

С этих позиции при инженерно-геологическом классифицировании формаций должны учитываться тектонический режим эпохи накопления осадков (платформенный, геосинклинальный, орогенный), палеоклиматическая обстановка (аридная, гумидная), генезис формациеобразующих пород (осадочный, метаморфический, магматический), их петрографический состав и степень постгенетических преобразований. Существование четкой связи последних с основными этапами тектонического развития земной коры позволяет подчеркнуть своеобразие разновозрастных формаций одного литологического типа, относящихся к различным структурным этажам» (Голодковская, 1968, с.42-43).

Закономерность общности инженерно-геологических формаций. Инженерно-геологические формации связаны друг с другом общностью условий своего образования, распространения во времени и пространстве, а также общностью условий изменения процессами регионального эпигенеза (Шещеня, 1986).

По мнению Н.Л.Шещени данная «закономерность относится к числу главнейщих и используется при инженерно-геологических оценках и региональных прогнозах изменения геологической среды. Необходимость выделения таких формаций наиболее убедительно показана в работах И.В. Попова, Г.А. Голодковской, В.Т. Трофимова. Эти формации образуют определенные ряды, которые характеризуют развитие наиболее крупных тектонических структур в течение длильных отрезков времени. Их границы по разрезу могут не совпадать с поверхностями раздела стратиграфических единиц» (Шещеня, 1986).

Выделяемые Н.Л.Шещеней наряду с вышеуказанной еще две закономерности, относящиеся к магматическим формациям и осадочным формациям, не являются собственно инженерно-геологическими закономерностями, а должны рассматриваться как литолого-петрографические закономерности. Тем не менее, они должны учитываться при инженерно-геологических исследованиях, поэтому приведем их авторские формулировки.

«Магматические формации связаны друг с другом общностью химического и минералогического состава, последовательностью образования отдельных типов пород, генетическим родством между ассоциирующими типами, изменением их физико-химическими и тектоническими процессами в глубинном очаге или на месте консолидации» (Шещеня, 1986, с.52).

«Осадочные образования должны чередоваться в вертикальном разрезе в той же последовательности, в какой они сменяли друг друга по горизонтали при одновременном отложении на поверхности литосферы или на дне бассейнов седиментации» (Шещеня, 1986, с.53).

Теория о грунтовых толщах – вспомогательная теория (см. табл.9.1), система понятий, закономерностей и номологических высказываний о грунтовых толщах как региональных инженерно-геологических телах.

Эта теория также оказала плодотворное влияние на развитие региональной инженерной геологии. Понятие «грунтовая толща» используется в двух аспектах: как массив и как региональное тело (Базовые понятия..., 2012). Для целей региональной инженерной геологии грунтовые толщи используются как иерархические региональные геологиче-

ские тела, выделяемые по определенным признакам. В разработку теории грунтовых толщ внесли вклад М.М. Филатов, П.И.Фадеев (1963), Е.М.Сергеев, А.С.Герасимова, В.Т.Трофимов (1972), В.Т.Трофимов и Н.Г.Фирсов (1988), Е.Г.Коников (1995) и др.

Разработанные к настоящему времени схемы подразделения грунтовых толщ широко используются для целей региональных инженерно-геологических исследований. Е.Г.Коников (1995) обосновал геологические и инженерно-геологические критерии выделения геологических тел различного уровня однородности и выполнил типизацию грунтовых тел шельфовой зоны. Им было установлено, что для морских и лиманно-лагунных отложений изменчивость показателей состава и свойств и структура геологических тел грунтовых толщ имеет циклический характер, обусловленный трансгрессивно-регрессивными колебаниями и климато-гидрологическими осцилляциями уровня моря и лиманов более высокого порядка.

Теория инженерно-геологических структур (ИГС) – вспомогательная теория (см. табл.9.1), система понятий, закономерностей и номологических умозаключений о инженерно-геологических структурах разного ранга.

В состав этой теории входят понятие об этой категории, которая рассматривается в качестве крупнейшей по сравнению с формацией, а также принципы их выделения и классификация, таксономический ряд ИГС, логическое и фактическое множество ИГС, парагенетические ряды ИГС и др. (Трофимов, 2002; Трофимов, Аверкина, 2007). Понятие «инженерно-геологическая структура» было введено и обосновано Т.И.Аверкиной[1]. Ранее В.Т.Трофимов предложил называть подобные образования «инженерно-геологическими обстановками».

Таким образом, совокупность вышерассмотренных номологических высказываний, классификационных построений и вспомогательных теорий составляет основу теории систематизации объектов региональной инженерной геологии.

[1] Аверкина Т.И. Инженерно-геологическое районирование Северной Евразии на основе сопряженного учета региональных и зональных факторов /Автореф. дисс... канд. г.-м. наук. – М., МГУ, 1993, 21 с.

9.2. Закономерности, законы и теория региональных ИГУ и ЛТС

Номологические высказывания (закономерности, законы) и различные вспомогательные теории, раскрывающие различные аспекты региональных инженерно-геологических условий (ИГУ) и региональных природно-технических систем (ПТС) в совокупности составляют теорию региональных ИГУ и ЛТС (ПТС), структура которой показана в табл.9.3.

Таблица 9.3

Структура теории регионаьиых ИГУ и ПТС

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория региональных ИГУ и ЛТС (ПТС)	Теория компонентов региональных ИГУ	И.В.Попов (1961), В.Т.Трофимов (2002) и др.
	Теория факторов формирования региональных ИГУ	И.В.Попов (1961), М.И.Будыко, В.Т.Трофимов и др.
	Теория трансформации региональных ИГУ	В.Т.Трофимов, Д.А.Спиридонов (1998)
	Теория пространственного изменения региональных ИГУ	Г.А.Колпашников (1992), В.Т.Трофимов
	Теория региональных ЛТС (ПТС)	Г.К.Бондарик (1981); В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (2007), А.Н.Галкин (2014) и др.

Теория регионаьиых инженерио-геологических условий и литотехнических систем (ПТС) – основная теория, система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о региональных инженерно-геологических условиях и региональных ЛТС (и ПТС).

Эта теория базируется на собственной понятийно-категориальной основе, где основными категориями выступают такие собственные инженерно-геологические понятия как «инженерно-геологические условия», «компоненты ИГУ», «факторы формирования ИГУ», «литотехнические системы», «природно-технические системы», рассмотренные выше в гл.2 (Базовые понятия..., 2012).

Кроме того, эта теория включает в себя ряд номологических высказываний (закономерностей, законов) и вспомогательных теорий, основные из которых приводятся ниже.

Теория компонентов региональных ИГУ – вспомогательная теория (см. табл. 9.2), система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о компонентах региональных инженерно-геологических условий.

Характеризует и обосновывает выделение комплекса геологических особенностей, рассматриваемых при региональных инженерно-геологических исследованиях (т.е. на определённой территории). К ним относятся: 1) геологическое строение местности и характер слагающих ее пород; 2) рельеф; 3) гидрогеологические условия; 4) мерзлотные (геокриологические) условия; 5) современные геологические процессы (Трофимов, 2002; Базовые понятия..., 2012; Трофимов, Аверкина, 2007).

Теория факторов формирования региональных ИГУ – вспомогательная теория (см. табл. 9.2), система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о факторах формирования региональных инженерно-геологических условий.

Эта вспомогательная теория имеет большое значение в региональной инженерной геологии. Она включает в себя собственный понятийный аппарат, номологические высказывания о факторах формирования ИГУ, а также теоретические положения о различных аспектах формирования ИГУ территорий. Основы этой теории заложил И.В.Попов (1961), впоследствии она была развита в работах Н.И.Николаева, П.Н.Панюкова, М.П.Семенова, Л.Д.Белого, В.Д.Ломтадзе (1999), В.Т.Трофимова (2002; Трофимов, Аверкина, 2007), С.Г.Дубейковского (2007)[1] и др.

Факторы формирования ИГУ делятся на три группы (Трофимов, Аверкина, 2007; Базовые понятия..., 2012): 1) региональные геологические факторы; 2) зональные факторы; 3) техногенные факторы. В эту теорию входит ряд законов и классификаций, рассматриваемых ниже.

Закон географической зональности – в пределах суши на Земле выделяется ряд широтных географических (или климатических) поясов, различающихся по климату, растительному и животному миру, характеру и интенсивности развития геологических экзогенных процессов, режиму поверхностных и подземных вод и др. (Ломтадзе, 1999).

Академик Михаил Иванович Будыко (1920-2001)

Природная (ландшафтно-климатическая) зональность впервые была обоснована В.В.Докучаевым в 1900 г.; географическая зональность обоснована в работах М.И.Будыко и А.А.Григорьева (1956). Ими сформулирован «периодический закон географической зональности», согласно которому – в разных географических поясах, обладающих различными тепловыми ресурсами, но в близких по увлажнению условиях формируются типы ландшафтов аналогичные соответствующим географическим зонам.

М.И.Будыко создал «энерго-балансовую» модель климата, которая стала базовой в современных исследованиях глобального потепления. Результатом этой модели стало теоретическое предсказание существования стабильного режима климата, при котором вся поверхность планеты покрыта снегом и льдом («Белая Земля»). М. И. Будыко и его сотрудники составили два атласа теплового баланса земли, изданных в 1955 и 1963 гг. Главные результаты этой работы изложены в монографии М. И. Будыко «Тепловой баланс земной поверхности» (1956), которая была переведена на английский и другие языки, и в 1958 г. была отмечена Ленинской премией.

Закон формирования инженерно-геологических условий территорий – общее положение, закон инженерной геологии: инженерно-геологические условия любой территории таковы, какова ее геологическая история в новейшее и современное время (Ломтадзе, 1999).

Закон парагенетической связи процессов в регионах – каждый регион или крупная его часть характеризуется своими паргенетическими ассоциациями и интенсивностью геологических процессов, что определяется главным образом комплексами пород, энергией рельефа, климатом, гидрологическими факторами (Федоренко, 1985; Теор. основы..., 1985, т.1).

Среди техногенных факторов изменения естественно сформированных ИГУ важное место занимает вопрос о систематизации техногенных воздействий на геологическую среду, ведущих к изменению ИГУ. Этому вопросу посвящены работы Ф.В.Котлова (1967, 1978), Г.А.Голодковской, Е.М.Сергеева, В.Т.Трофимова, А.Д.Жигалина и др. Наиболее обоснованная классификация техногенных воздействий на геологическую среду была разработана В.Т.Трофимовым, В.А.Королёвым и А.С.Герасимовой (1995).

Классификация техногенных воздействий на геологическую среду В.Т.Трофимова, В.А.Королёва и А.С.Герасимовой (1995) обосновывает выделение классов и подклассов воздействий (по их физической природе), типы и виды воздействий, разновидности (по времени воздействия, размерам, положению в пространстве, обратимости). При этом указаны компоненты геологической среды, на которые в основном передаются те или иные воздействия. В ней также предложены количественные показатели оценки воздействий и выделены потенциальные наиболее распространенные источники техногенных воздействий.

Теория трансформации региональных ИГУ – вспомогательная теория (см. табл. 9.2), система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о закономерностях трансформации региональных инженерно-геологических условий под влиянием природных и техногенных факторов.

Эта вспомогательная теория была разработана В.Т.Трофимовым и Д.А.Спиридоновым (1998) с использованием теоретико-графических моделей – формализованного способа отображения ИГУ и их трансформации при помощи метода прямоугольных координат. В рамках этой теории ими были обоснованы теоретико-графические модели ИГУ как статические или динамические системы.

[1] Дубейковский С.Г. Закономерности формиирования инженерно-геологичеких условий месторождений твердых полезных ископаемых Урала и Приуралья/ Автореф. дисс. ... докт. г.-м. наук. – Томск, ТГАСУ, 2007. 55 с.

Теория пространственного изменения региональных ИГУ – вспомогательная теория (см. табл. 9.2), система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о пространственном изменении региональных инженерно-геологических условий под влиянием природных и техногенных факторов.

Эта теория была разработана В.Т.Трофимовым. Она является следствием основного закона региональной инженерной геологии (см. ниже гл. 9.4). При этом были выделены две составляющие (причины) пространственного изменения ИГУ: 1) геолого-структурная; 2) климатогенная (Трофимов, Аверкина, 2007, с.59). Для отражения зонального характера изменения ИГУ и учета его при инженерно-геологическом районировании В.Т.Трофимовым было введено понятие «инженерно-геологическая зона», выделены их типы и виды (см. табл. 9.3).

В рамках этой теории Г.А.Колпашниковым (1992)[1] были установлены пространственно-временные закономерности формирования ИГУ Белоруссии и их изменения под влиянием техногенных воздействий. Закономерности эволюции ИГУ в зонах влияния водохранилищ установлены Ю.Б.Тржцинским (1994)[2], а на территориях исторических памятников архитектуры – М.В.Бондаревым (2005).

Теория региональных ЛТС (ПТС) – вспомогательная теория (см. табл. 9.2), система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о региональных литотехнических (и природно-технических) системах.

Эта вспомогательная теория охватывает соответствующий понятийный аппарат об ЛТС и ПТС, их систематизацию, номологические высказывания, структуру и свойства ЛТС и ПТС. В разработку этой теории внесли основной вклад Г.К. Бондарик (1981, 2015), В.К.Епишин (1985), В.Т.Трофимов (1994, 1985), Т.И.Аверкина, А.Н Галкин (2014) и др.

А.Н.Галкиным (2014) была разработана региональная инженерно-геологическая типизация литотехнических систем, позволяющая разделять совокупности взаимосвязанных элементов ЛТС разного уровня и оказываемых ими возмущающих воздействий на отдельные составляющие для последующего анализа, оценки, прогноза развития и управления состоянием с целью достижения эффективного функционирования ЛТС в целом.

Также им были разработаны новые количественные характеристики ЛТС, позволяющие оперативно устанавливать тип режима работы этой системы и в соответствии с ним принимать решения по инженерно-геологическому обоснованию управления ею. Особенно важное значение имеет установление режима функционирования ЛТС, под которым понимается изменение в некотором интервале (серии моментов) времени количественных показателей параметров ЛТС и происходящих в ней процессов, способное отражать ее состояние. В зависимости от поведения параметров ЛТС различают два режима функционирования системы – установившийся и неустановившийся. Они могут существовать как короткое, так и довольно длительное время. В связи с этим при характеристике неустановившегося режима предложено выделять стадии его развития, от которых во многом будут зависеть прогнозные оценки и обоснование управленческих решений в целях оптимизации работы системы. При этом критерием оценки режима функционирования ЛТС должна выступать допустимая вероятность техногенных изменений параметров сферы взаимодействия литосферы в расчетном коридоре их значений – от 0 до предельно допустимого уровня (ПДУ).

Эти изменения будут зависеть от интенсивности техногенных воздействий на сферу взаимодействия литосферы, которую в количественном отношении предлагается выражать через коэффициент интенсивности техногенных воздействий $F_{ЛТС}$, численно равный сумме отношений действительных параметров воздействий (физического, химического, биологического и др.) к их критической величине (Галкин, 2014):

$$F^{t}_{ЛТС} = \sum_{i=1}^{N} \frac{K_{i\ действ.}}{K_{i\ критич.}},$$

где $K_{i\ действ.}$ – действительные параметры воздействий; $K_{i\ критич.}$ – критические параметры воздействий; N – количество параметров воздействия.

Для оценки режима функционирования ЛТС необходимо знать также пространственное положение сферы взаимодействия литосферы, которое может быть охарактеризовано показателем пространственной границы функционирования ЛТС L^n (км^n), соответствующего расстоянию (n=1), площади геологического пространства (n=2) или объему геологической среды (n=3), за пределами которого воздействие ЛТС на геологическую среду не будет превышать допустимых уровней (Галкин, 2014):

$$L^3 = L^2 \times L^1 = V = S \times h,$$

где V – объем, км^3; S – площадь, км^2; h – расстояние или глубина, км.

Произведение параметров $F_{ЛТС}$ и L^n позволяет количественно охарактеризовать еще один параметр: состояние сферы взаимодействия литосферы с технической подсистемой ЛТС в виде показателя $R^{f}_{ЛТС}$ – характеристики СВЛ на момент функционирования ЛТС, имеющего размерность идентичную размерности показателя пространственной границы функционирования ЛТС, (км^n) (Галкин, 2014):

$$R^{f}_{ЛТС} = F_{ЛТС} \times L^n.$$

В соотношении с числом параметров воздействий, существующих в пространственных границах системы, и в соответствии с характеристикой параметров состояния СВЛ можно с помощью $R^{f}_{ЛТС}$ определить стадию развития неустановившегося режима функционирования ЛТС, отражающую ее текущее состояние. Так, например, если $R^{f}_{ЛТС} < N \times L^n$, то ЛТС будет функционировать в нормальной стадии неустановившегося режима, поскольку значение коэффициента

[1] Колпашников Г.А. Пространственно-временные закономерности формирования инженерно-геологических условий Беларуси и их изменение под влиянием техногенных воздействий / Автореф. дисс. ....докт. г.-м. наук. – М., МГУ, 1992, 57 с.

[2] Тржцинский Ю.Б. Эволюция инженерно-геологических условий в зонах влияния водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада ГЭС / Автореф. дис... докт. г.-м. наук. – Иркутск, ИЗК, 1994, 48 с.

$F_{ЛТС}$, входящего в параметр состояния СВЛ, меньше числа параметров воздействий, что соответствует условиям, когда показатели свойств компонентов СВЛ находятся в расчетном коридоре значений параметров качества, не превышая при этом ПДУ. Если $R^{y}_{ЛТС} = N \times L^{n}$ – режим будет соответствовать напряженной стадии развития, при $R^{y}_{ЛТС} > N \times L^{n}$ – критической, а при $R^{y}_{ЛТС} >> N \times L^{n}$ – катастрофической стадии неустановившегося режима функционирования ЛТС.

Людмила Александровна Ярг

Александр Николаевич Галкин

В разработку положений об инженерной защите от карста внесли вклад В.Н.Дублянский, М.В.Леоненко (2011), В.В.Толмачев (2011) и др.

Подразделение массивов горных пород по водопроницаемости, закарстованности и трещиноватости было разработано В.Д.Ломтадзе (1977).

Татьяна Ивановна Аверкина

Закон иерархичности региональных природно-технических систем – региональные природно-технические системы при инженерно-геологическом исследовании должны рассматриваться как плохо организованные, иерархические (состоящие из подсистем разных уровней), открытые (взаимодействующие с окружающей средой), исторически развивающиеся (претерпевающие необратимые изменения, связанные со свойствами самих систем или влиянием окружающей среды) системы (формулировка авторов).

Подчеркнём, что они являются также «плохо организованными», т. е. такими, в которых непрерывно действуют различные по своей природе, механизму, интенсивности, длительности взаимодействия и развиваются различные многочисленные процессы.

Впервые на отмеченные характерные черты региональных ПТС обратили внимание в 1979 г. С.А.Акинфиев и И.С.Комаров, указывая на особенности инженерно-геологического изучения крупных природно-территориальных комплексов (Акинфиев, Комаров, 1979). Однако они не придавали данному утверждению статуса закона.

Таким образом, вышерассмотренный комплекс номологических высказываний и вспомогательных теорий составляет структуру современной теории региональных ИГУ и ЛТС (ПТС).

9.3. Закономерности, законы и теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли

Номологические высказывания (закономерности, законы) и вспомогательные теории, раскрывающие различные аспекты инженерно-геологических структур (ИГС) Земли, в совокупности составляют основную теорию инженерно-геологических структур (ИГС) Земли, структура которой показана в табл.9.4.

Таблица 9.4

Система теорий региональной инженерной геологии

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли	Теория распределения типов ИГС Земли	С.Б.Ершова, Е.М.Сергеев, В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина, Д.А.Спиридонов (2002)
	Теория континентальных преимущественно субаэральных ИГС	В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (2007)
	Теория континентальных преимущественно субаквальных ИГС	В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (2007)
	Теория переходных преимущественно субаквальных ИГС	В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (2007)
	Теория океанических преимущественно субаквальных ИГС	В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (2007)

Теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли – основная теория, система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о инженерно-геологических структурах Земли.

В свою очередь эта основная теория включает в себя систему категориальной базы (см. гл. 9.1), номологические высказывания (закономерности, законы) и вспомогательные теории, раскрывающие различные аспекты ИГС Земли в целом и приводимые ниже.

Закон зональности инженерно-геологических условий Земли, как глобальное явление, был обоснован В.Т.Трофимовым (1999): зональное изменение инженерно-геологических условий континентов Земли выражается в их закономерной горизонтальной и вертикальной (высотной) трансформации и определяется современной тепло- и влагообеспеченностью и их соотношением между собой.

Среди вспомогательных теорий ИГС Земли основными являются следующие.

Теория распределения типов ИГС Земли – вспомогательная теория, система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о распределении типов инженерно-геологических структур Земли.

Вспомогательная теория, разработанная В.Т.Трофимовым и Т.И.Аверкиной (2007), и включающая представления об общих закономерностях распределения типов ИГС Земли, а также закономерности пространственного распределения инженерно-геологических суперструктур и мегаструктур и др.

Основную часть теории инженерно-геологических структур (ИГС) Земли составляют вспомогательные тории, относящиеся к характеристике отдельных типов ИГС: 1) теория континентальных преимущественно субаэральных ИГС; 2) теория континентальных преимущественно субаквальных ИГС; 3) теория переходных преимущественно субаквальных ИГС; 4) теория океанических преимущественно субаквальных ИГС. Все они также обоснованы В.Т.Трофимовым и Т.И.Аверкиной (2007).

Таким образом, в совокупности вышеуказанные номологические высказывания и вспомогательные теории составляют структуру основной теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли (см. табл. 9.2).

9.4. Теория методики региональных инженерно-геологических исследований

Важнейшей основной теорией региональной инженерной геологии является также теория методики региональных инженерно-геологических исследований. Значение этой теории определяется тем, что она является как бы связующим звеном между всеми вышерассмотренными теориями и создает общую методологическую основу исследований в региональной инженерной геологии.

Главным законом в этой теории является основной закон региональной инженерной геологии (см. ниже), который, несмотря на вербальное выражение, играет важнейшую методологическую роль в постановке и проведении региональных инженерно-геологических исследований.

Основной закон региональной инженерной геологии, который по предложению Г.К.Бондарика назван законом И.В.Попова, впервые сформулировавшего теоретические основы региональной инженерной геологии, в формулировке И.В.Попова выглядит так: «региональные закономерности процессов и явлений, типичные для больших территорий, определяются: а) геологическим строением (формациями пород и тектоническими структурами); б) геологической историей развития региона, особенно за новейшее время и в) климато-гидрологическими палеоусловиями и современными условиями» (Попов, 1973).

В.Д.Ломтадзе (1999), признавая авторство И.В.Попова, назвал его «законом формирования региональных закономерностей процессов».

Г.К.Бондарик этот закон сформулировал таким образом: «Структура и свойства геологической среды, контролирующие ее современное состояние как в целом, так и в пределах ее областей – геосистем, – определяются тектонической и палеогеографической обстановками (историей геологического развития), современными физико-географическими условиями и хозяйственной деятельностью человека» (Бондарик, 1981, с.46).

Рис.9.2. Конференция к 120-летию со дня рождения И.В.Попова (слева-направо): В.Т.Трофимов, Г.К.Бондарик, В.И.Осипов, А.Д.Потапов. МГУ, 2009 г.

Позже Г.К.Бондарик привел несколько иную формулировку этого закона: «Структура и свойства литосферы, контролирующие её современное состояние, определяются тектонической и палеогеографической обстановками, современными физико-географическими процессами и хозяйственной деятельностью» (Бондарик, Ярг, 2015, с. 25).

Общий закон региональной инженерной геологии в формулировке И.В.Дудлера (1999) звучит так: «Состояние, свойства и эволюционные изменения геологической среды в пределах инженерно-геоло-

гических регионов и областей обусловлены комплексом- регионально-геологических и физико-географических факторов, а также характером техногенных воздействий при их освоении и использовании».

Следствием из этого закона является положения: Инженерно-геологические условия инженерно-геологических регионов и областей определяются комплексом присущих им природно-технических условий и требуют индивидуального подхода к изучению и оценке (Дудлер, 1999).

Рассматривая инженерно-геологические условия как функцию взаимодействия различных групп факторов их формирования, они характеризуются как «открытая, сложная, многофакторная, изменяющаяся во времени система, современное состояние которой определяется как структурно-геологическими, так и современными климатическими особенностями территории, а в освоенных районах и характером техногенных воздействий» (Трофимов, 1997).

Рис. 9.3. Алгоритм региональных инженерно-геологических исследований (по В.В.Пендину, 2009)

В итоге более общей формулировкой общего закона региональной инженерной геологии – закона И.В.Попова, – по мнению В.Т.Трофимова (1999) является следующая: *современные особенности инженерно-геологических структур Земли определяются историей их геологического развития, современным пространственным положением, контролирующим тектонический режим и характер тепло- и влагообеспеченности, а на освоенных территориях – и характером техногенных воздействий.*

Методическую основу региональных инженерно-геологических исследований составляет комплекс теоретических и эмпирических методов, включая системный анализ, общая структура или алгоритм которых может быть представлена схемой, показанной на рис. 9.3.

Наряду с основным законом региональной инженерной геологии в основную теорию методики инженерно-геологических исследований входит комплекс других номологических высказываний и вспомогательных теорий, показанных в табл.9.5.

Вспомогательная теория инженерно-геологического картирования включает в себя основные принципы, приёмы и правила картирования, применяемые при региональных инженерно-геологических исследованиях. Эта теория характеризует и опирается на два метода исследований: 1) инженерно-геологическую съемку; и 2) тематические работы по составлению инженерно-геологических карт.

В разработку этой теории внесли вклад многие исследователи: И.В.Попов, Е.М.Сергеев, Э.В. Мавлянов (1984), В.Т.Трофимов, М.И.Горальчук, В.В.Пендин (2009), Е.Н.Иерусалимская и др.

В частности Э.В.Мавляновым (1984) был обоснован подход к инженерно-геологическому картированию орошаемых территорий, основанный на необходимости комплексного изучения, выявления и картографирования закономерностей пространственного размещения важнейших компонентов геологической среды для обоснования проектирования, строительства и эксплуатации крупных оросительных систем в аридной зоне. Им было показано, что решение основных задач инженерно-геологического картирования орошаемой территории следует осуществлять путем комплексирования методов гидрогеологической и инженерно-геологической съемки с широким применением ландшафтно-индикационных, аэрокосмических, геофизических, пенетрационно-каротажных исследований и методов компьютерного математического моделирования. Комплексный подход существенно расширяет объем получаемой информации, повышает ее достоверность, ведет к улучшению качества региональных инженерно-геологических исследований на орошаемых территориях. Э.В.Мавлянов (1984) предложил новое определение понятия «инженерно-геологическое картирование» применительно к задачам изучения ИГУ в связи с орошением.

В 1978 г. было издано «Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000 (1:100 000 – 1:500 000)». В целом теоретические вопросы инженерно-геологического картирования в настоящее время разработаны достаточно полно (Пендин, 2009).

На основе этой теории разработаны различные СП, СНиПы и другие нормативные документы, регламентирующие проведение картирования в ходе инженерно-геологической съемки (Трофимов, Аверкина, 2007).

Теория инженерно-геологического районирования – вспомогательная теория, система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о инженерно-геологическом районировании территорий.

Таблица 9.5

Структура теории методики региональных инженерно-геологических исследований

Основная теория	Вспомогательная теория	Автор, разработчики
Теория методики региональных инженерно-геологических исследований	Теория инженерно-геологического картирования	И.В.Попов (1961), В.Т.Трофимов, В.В.Пендин (2009) и др.
	Теория инженерно-геологического районирования	И.В.Попов (1961), Н.И.Николаев, Л.Д.Белый (1964), Г.К.Бондарик, Г.А. Голодковская (1984), Э.В.Мавлянов (1984), С.Б.Ершова, И.С.Комаров (1966), Е.С.Мельников, В.В.Пендин (1987), Е.М.Сергеев, В.В.Середин, В.Т.Трофимов (1984, 1979, 1986), И.А.Бусел (1998) и др.
	Теория типизации ИГУ	В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (2007)
	Теория регионального инженерно-геологического прогнозирования	А.И.Шеко (1984), В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина (2007) и др.
	Теория регионального инженерно-геологического мониторинга и ГИС	В.К.Епишин и В.Т.Трофимов (1985), Г.К. Бондарик (1986, 1990, 2009), В.А.Королев (1995, 2007), В.В.Маркарьян (2003), О.В. Зеркаль и др.

Николай Никитич Романовский

Иван Андреевич Бусел

Сергей Викторович Козловский

Вспомогательная теория, играющая чрезвычайно важную роль в региональной инженерной геологии, разрабатывалась в основополагающих трудах И.В.Попова (1961), Н.И.Николаева, В.Л.Дубровкина, В.А.Апродова, В.П.Солоненко, а затем была развита в работах Т.И.Аверкиной (1993), Л.В. Белого (1964), Г.К.Бондарика, И.А.Бусела (1998) Г.А.Голодковской (1968, 1984)[1], И.Е.Гурьянова (2009), Т.Я.Емельяновой, С.Б.Ершовой, Н.В.Коломенского. И.С.Комарова (1966), В.А.Кудрявцева, Э.В. Мавлянова (1984), Е.С.Мельникова, Г.Б.Пальшина, В.В.Пендина (1987, 2009), Ф.М.Ривкина (2005) Е.М.Сергеева, В.В.Середина, В.Н.Синякова, Л.А.Строковой (1997), Г.А.Сулакшиной, В.Т.Трофимова (1976[2], 1979, 1984, 1986), И.В.Чесноковой (1998), М.В.Чуринова и др. Вопросы региональной геокриологии разрабатывались Н.Н.Романовским, В.Е.Афанасенко и др.

Метод инженерно-геологического районирования базируется на синтезе информации об отдельных компонентах инженерно-геологических условий, позволяющем дать комплексную оценку выделенных объемов литосферы с различных точек зрения. В зависимости от целевого назначения районирование может быть общим и специальным. Основная задача общего инженерно-геологического районирования – выделение объемов литосферы (в пределах крупных территорий) для которых условия и методика проведения инженерно-геологических исследований принципиально не отличаются. При

[1] Голодковская Г.А., Трофимов В.Т. Теоретические вопросы региональной инженерной геологии. //27-й Межд. геологический конгресс. Инж. геология. Секция С.17. Доклады. Том 17. – М., Наука, 1984, с.72-78

[2] Трофимов В.Т. Инженерно-геологическое районирование крупных территорий на основе анализа закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий (на примере Западно-Сибирской плиты). / Автореф. дисс.... докт. г.-м. наук. – М., МГУ, 1976, 49 с.

специальном инженерно-геологическом районировании обособляются такие объемы литосферы (в границах некоторой территории), которые характеризуются квазиоднородными инженерно-геологическими условиями применительно к конкретному виду хозяйственного освоения территории (Пендин, 2009).

Как отмечалось Г.А.Голодковской: «Связь закономерностей распространения формаций с общностью, строения, состава и инженерно-геологических свойств слагающих их горных пород выявляется при районировании, основываемом на тектонических чертах строения территории. Разделение последней на соподчиненные категории (инженерно-геологические регионы разных порядков, инженерно-геологические области, инженерно-геологические районы) позволяет выявить и последовательно детализировать распространение горных пород, имеющих определенные инженерно-геологические свойства, строение слагаемых ими массивов в различных структурно-фациальных зонах, условия залегания и характер дислоцированности горных пород в различных тектонических структурах, геоморфологическое строение, особенности неотектонической обстановки, изменение гидрогеологических условий в зависимости от геолого-структурных и геоморфологических факторов, интенсивность развития и направленность современных геологических процессов и явлений. В конечном итоге комплексное инженерно-геологическое районирование дает возможность типизации инженерно-геологических условий, что открывает пути к их количественной оценке в строительных целях.

Комплексное инженерно-геологические районирование должно выполняться на геолого-структурной основе и при проведении исследований в районах распространения многолетнемерзлых пород. Правомерность подобного подхода доказывается четкой зависимостью, обнаруживаемой между геокриологическими условиями территории и её геологическими структурами» (Голодковская, 1968, с. 43).

На основе специального районирования геологической среды территории России И.В.Чесноковой (1998)[1] разработана информационная система страхования от ОГП.

В настоящее время используется два основных способа районирования: типологический (основанный на классификации типов различных объемов литосферы) и региональный или индивидуальный (основанный на делении целого на части).

В состав теории инженерно-геологического районирования входят, наряду с понятийным аппаратом, систематизация типов районирования, представления о принципах и признаках районирования, логические системы инженерно-геологического районирования, а также выделение таксономических единиц районирования и вопросы автоматизации инженерно-геологического районирования (Трофимов, Аверкина, 2007).

[1] Чеснокова И.В. Районирование геологической среды России как информационная основа системы страхования от опасных природных процессов / Автореф. дисс.....докт. г.-м.наук. – Москва, ИЛ РАН, 1998.

Закон о принципах инженерно-геологического районирования – объединяет основные принципы инженерно-геологического районирования:

1. Районирование должно проводиться по вещественно-морфологическим глубоко инженерно-геологическим признакам, отражающим важнейшие закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий, обусловленных взаимодействием региональных и зональных геологических факторов.
2. Сумма выделенных при районировании территориальных единиц должна быть равна объему (площади) делимой территории при региональном виде районирования или объему классифицируемого (делимого) понятия в случае типологического и оценочного районирования.
3. При районировании должно соблюдаться требование соразмерности – территориальные комплексы, выделяемые на определенной ступени районирования, должны относиться к одному порядку (рангу). Несоблюдение этого положения, выделение элементов, принадлежащих к разным порядкам, и последующее сопоставление их друг с другом (например, при оценке сложности условий) может, как указывал Ю.А.Косыгин, «...привести к смешению понятий и путанице в раскрытии закономерностей».
4. Признаки, по которым проводится деление территории (иликлассифицируются территориальные единицы), должны выбираться так, чтобы каждая точка (территориальная единица) попадала только в одну из выделяемых категорий.
5. В пределах одной (любой) таксономической единицы все границы единиц следующего более высокого ранга должны проводиться по признакам одного порядка (должно использоваться одно основание деления по принятой в логике терминологии). Классификационный признак может изменяться от одной ступени районирования к другой.
6. Каждая группа между выделяемыми таксономическими единицами должна проводиться по вполне определенному (в идеале – одному) классификационному признаку.

В такой формулировке принципы впервые приведены В.Т.Трофимовым (1976), и представляют собой логические правила и важнейшие методологические положения, которые должны соблюдаться при приведении районирования любого типа, вида и разновидности.

Систематика типов инженерно-геологического районирования была разработана В.Т.Трофимовым (1976) и включала два типа: 1) генетико-морфологическое (естественно-историческое) инженерно-геологическое районирование; 2) оценочное инженерно-геологическое районирование, которые в свою очередь делились на подтипы.

Теория типизации ИГУ – вспомогательная теория, система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о типи-

зации инженерно-геологических условий. Она играет существенную роль в общей теории методики региональной инженерной геологии.

В разработку этой теории внесли вклад Г.К. Бондарик, В.Т.Трофимов (1982) и др. При региональных исследованиях типизируют отдельные компоненты ИГУ, факторы их формирования и ИГУ в целом (Трофимов, Аверкина, 2007).

Теория регионального инженерно-геологического прогнозирования – вспомогательная теория, система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о региональном инженерно-геологическом прогнозировании.

Вспомогательная теория, являющаяся частью общей теории инженерно-геологического прогнозирования, выполняет предсказательную роль при региональных инженерно-геологических исследованиях. Она включает в себя: категориальный базис, учение о систематизации инженерно-геологических прогнозов (Бондарик, 1972), номологические высказывания о региональном инженерно-геологическом прогнозировании, методы регионального инженерно-геологического прогнозирования (среди которых на первом месте в настоящее время стоят вероятностно-статистические методы) и др. компоненты. Об актуальности разработки этой проблемы, необходимости разработки принципов и методики составления общих прогнозных инженерно-геологических карт писал Э.В.Мавлянов (1984). Основной вклад в теорию регионального инженерно-геологического прогнозирования внесли А.И.Шеко (1984), Г.А.Голодковская (1989), В.Т.Трофимов (1994) и др. Прогнозное инженерно-геологическое районирование было обосновано И.В.Абатуровой (2012) для прогноза изменения ИГУ месторождений полезных ископаемых Урала и Восточной Сибири.

Теория регионального инженерно-геологического мониторинга и ГИС – вспомогательная теория, система собственных понятий, закономерностей и номологических высказываний о региональном инженерно-геологическом мониторинге и региональных геоинформационных системах (ГИС).

Эта теория включает в себя понятийную базу, номологические высказывания, обоснование назначения, задач, содержания, видов и структуры регионального инженерно-геологического мониторинга, принципы организации наблюдательной сети и организации мониторинга как ГИС особого типа. В разработку этой теории, как части общей теории инженерно-геологического мониторинга внесли вклад В.К.Епишин и В.Т.Трофимов (1985), Г.К.Бондарик (1986, 1990, 2009), Е.Н.Иерусалимская (2013), В.А.Королев (1995, 2007), В.В.Маркарьян (2003), Ф.М.Ривкин (2005), С.В.Козловский (2010), О.В. Зеркаль, Л.А.Ярг (2013) и др.

Важно подчеркнуть, что современные системы регионального мониторинга (т.е. регионального, национального и глобального уровня) представляют из себя специализированные ГИС, позволяющие накапливать региональную инженерно-геологическую информацию (информацию о региональных ЛТС или ПТС), хранить её, оперативно обрабатывать, составлять оперативные прогнозы в виде региональных прогнозных интерактивных карт (включая динамические карты) и вырабатывать управляющие решения.

Однако, ГИС в инженерной геологии применяются не только для целей мониторинга, но и для решения многих других задач во всех разделах этой науки. Однако специализированные ГИС, например, в грунтоведении отличаются от таковых в инженерной геодинамике или региональной инженерной геологии. В этой связи теория разработки инженерно-геологических ГИС становится самостоятельной.

Такая теория активно разрабатывается в последние десятилетия благодаря работам Ф.М.Ривкина (2005), С.В.Козловского (2010)[1], А.В.Бершова и многих др. Основными ее положениями являются следующие позиции:

1) современные инженерно-геологические ГИС являются наиболее эффективным способом обработки больших объемов пространственно распределенной инженерно-геологической информации;
2) типологические модели геологической среды при создании ГИС должны базироваться на системном анализе критериев оценки состояния и свойств геологической среды и положениях теории поля геологического параметра;
3) одним из важных элементов инженерно-геологических ГИС являются трехмерные (3D) и 4-мерные модели инженерно-геологических объектов.

Структура региональной ГИС и многоуровневая электронная база данных, система «сквозных» матричных схем инженерно-геокриологического районирования для моделирования условий возведения магистральных трубопроводов Тимано-Печерской нефтегазовой провинции была создана Ф.М.Ривкиным (2005). В основе разработки данной ГИС лежит концепция геоинформационного обеспечения и моделирования условий возведения магистральных трубопроводов в криолитозоне.

Стратегия организации мониторинга региональных ПТС детально рассмотрена Л.А.Ярг и Е.Н.Иерусалимской (2013)[2]. Авторы рассмотрели структуру региональной аграрной ПТС, ПТС городской агломерации, линейной ПТС и обосновали комплекс наблюдений исходя из особенностей развития геологических и инженерно-геологических процессов.

Таким образом, в настоящее время сформирована система понятий, теоретических положений и номологических высказываний, составляющих современную теорию методики региональной инженерной геологии.

[1] Козловский С.В. Теория и практика создания геоинформационной системы в инженерной геологии /Автореф. дисс.... докт. г.-м.н. – Москва, ИГЭ РАН, 2010.

[2] Ярг Л.А., Иерусалимская Е.Н. Стратегия организации мониторинга региональной природно-технической системы. // К 80-летию кафедры инженерной геологии: Сб. трудов / Под ред. В.В.Пендина. – Сергиев Пасад: Патриарший изд.-полиграфич. Центр., 2013, с. 68-102.

9.5. Общая теория региональной инженерной геологии

Вышеизложенный материал позволяет подойти к построению системы общей теории региональной инженерной геологии, которая показана на рис.9.4.

Из этой схемы следует, что в основе системы общей теории региональной инженерной геологии лежат три основные теории (см. табл. 9.1), находящиеся в отношении включения в общую теорию (1): теория систематизации объектов региональной инженерной геологии (2); теория региональных ИГУ и ЛТС (3); теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли (4), а объединяющей их теорией, находящейся в отношениях пересечения с вышеназванными, является теория методики инженерно-геологических исследований (5). Последняя находится также в состоянии включения в общую теорию региональной инженерной геологии.

Подводя итог изложенному в данной главе материалу, можно констатировать что к настоящему времени собран и обобщен большой фактический и теоретический материал по региональным инженерно-геологическим исследованиям, включая номологическую базу, разработана структура общей теории региональной инженерной геологии как части общей теории инженерной геологии. Вместе с тем, многие теоретические вопросы этого направления еще остаются слабо разработанными.

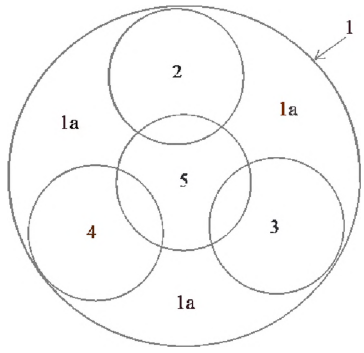


Рис. 9.4. Структура общей теории региональной инженерной геологии: 1 – общая теория региональной инженерной геологии; 2 – теория систематизации объектов региональной инженерной геологии; 3 – теория региональных ИГУ и ЛТС; 4 – теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли; 5 – теория методики инженерно-геологических исследований

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенный в монографии материал, с одной стороны – первая попытка систематизации и ревизии накопленных в инженерной геологии номологических высказываний, закономерностей, законов, гипотез и теорий, а с другой – первое обобщение сформировавшейся к настоящему времени теоретической базы всей инженерной геологии в рамках создания ее общей теории.

В этой связи в монографии:

1. Проанализированы вопросы истории формирования инженерной геологии как самостоятельной науки; выявлены исторические закономерности развития ее трех основных научных направлений: грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии; намечены пути эволюции инженерной геологии в будущем.

2. С позиций системного и логического анализа рассмотрены структура и понятийно-терминологическая база инженерной геологии и её трех научных направлений.

3. Проанализирована, систематизирована и обоснована общая проблематика современной инженерной геологии; изложены как общие теоретические проблемы и задачи инженерной геологии, так и актуальные проблемы и задачи её основных научных направлений, ждущие своего решения.

4. Рассмотрена методология эмпирического и теоретического уровней познания в инженерной геологии; изложены особенности применения тех или иных методов познания в инженерной геологии, получения и выработки инженерно-геологической информации.

5. Изложены и проанализированы гипотезы, идеи и открытия в современной инженерной геологии.

6. Впервые рассмотрена и систематизирована общая номологическая база инженерной геологии; охарактеризованы общие законы инженерной геологии и обоснована схема создания общей теории инженерной геологии.

7. Выполнена ревизия номологической базы грунтоведения; рассмотрены закономерности, законы и теории современного грунтоведения; обоснована структура общей теории грунтоведения.

8. Проанализирована и систематизирована номологическая база современной инженерной геодинамики; рассмотрены закономерности, законы и теории инженерной геодинамики; обоснована структура общей теории инженерной геодинамики.

9. Проведена ревизия номологической базы региональной инженерной геологии; рассмотрены закономерности, законы и теории современной региональной инженерной геологии; обоснована структура её общей теории.

Надеемся, что настоящая монография послужит побудительным мотивом к дальнейшим исследованиям пока не решенных актуальных проблем, стоящих перед инженерной геологией, и к созданию общей теории инженерной геологии.

ЛИТЕРАТУРА

Аверкина Т.И. Литотехнические системы как результат взаимодействия природных и технических объектов в приповерхностной части литосферы. – В кн.: Теория и методология экологической геологии. – М.: Изд-во МГУ, 1997, с. 213-230.

Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология. / Учебник. – М., Высшая школа, 2000, 511 с.

Аникеев А.В. Провалы и оседание земной поверхности в карстовых районах: моделирование и прогноз/ Автореф. дисс.... докт. г.-м.н. – Москва, ИГЭ РАН, 2014.

Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов. / Под ред. В.Т.Трофимова. – М., ОАО Геомаркетинг, 2012, 320 с.

Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф. / Осипов В.И., Королёв В.А., Мамаев Ю.А., Рагозин А.Л. и др. – М., МГФ "Знание", 1999, – 672 с.

Белый Л.Д. О теории и структуре инженерной геологии // Вопросы инженерной геологии. 1974. №11.С.4-13.

Бондарев В.П. Концепции современного естествознания: учебник / 2-е изд. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М. 2013. – 512 с.

Бондарик Г.К. Методика инженерно-геологических исследований. – М.: Недра, 1986.

Бондарик Г.К. О методе исследования систем в инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 11-17.

Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. – М., Недра, 1981. 256 с.

Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. – М.: Недра, 1971. 272 с.

Бондарик Г.К. Современная инженерная геология. Содержание, структуры, задачи. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 11- 21.

Бондарик Г.К. Теория геологического поля. – М., Изд-во ВИЭМС, 2002.хнические системы.- М., Икар, 2004.

Бондарик Г.К. Экологическая проблема и природно-технические системы. – М., Икар, 2004.

Бондарик Г. К., Горальчук М.Н., Сироткин В.Г. Закономерности пространственной изменчивости лёссовых пород. – М.: Недра, 1976. 238 с.

Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика / Учебник. – М., КДУ, 2007, 440 с.

Бондарик Г.К., Чан Мань Л., Ярг Л.А. Научные основы и методика организации мониторинга крупных городов. – М.: ПНИИИС, 2009, 260 с.

Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии: уч. пособие. – М.: ИД КДУ, 2015, 296 с.

Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания. – М.: Изд-во КДУ, 2007. 424 с.

Боровко Н.Н. Статистический анализ пространственных геологических закономерностей. – Л., Недра, 1971.

Бриллюэн Л. Наука и теория информации. – М., Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1960. 391с.

Варга А.А. Инженерно-тектонический анализ скальных массивов. – М.: Недра, 1988. 216 с.

Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере. – Успехи биологии, 1944, т.18, вып.2, с. 113-120.

Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков: учеб. пособие. 2-е изд. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. – 368 с.

Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов. / Автореф. дисс.... докт. г.-м.н. – Москва, МГУ. 2000.

Воронкевич С.Д. Основы технической мелиорации грунтов. – М.: «Научный мир», 2005, 498 с.

Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов / Уч. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1978, 447 с.

Гальперин А.М., Фёрстер В., Шеф Х.-Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды. – М.: Изд-во МГГУ, 1997. 534 с.

Герасимова А.С. XX век. Инженер-геологи – лауреаты Государственных премиц / Под ред. В.Т.Трофимова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 111 с.

Голодковская Г.А. Региональное инженерно-геологическое изучение территории на основе геолого-структурного анализа (на примере отдельных регионов Восточной Сибири) / Автореф. дисс. .... докт. г.-м. наук. – Москва, МГУ, 1968. 46 с.

Голодковская Г.А., Матула М., Шаумян Л.В. Инженерно-геологическая типизация и изучение скальных массивов. М.: Изд-во МГУ, 1987. 272 с.

Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов (основные компоненты грунта и их взаимодействие). – М.: Стройиздат, 1973, 375 с.

Горькова И.М. Теоретические проблемы инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 26-30.

Горькова И.М. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. – М.: Наука, 1969. 136 с.

Горькова И.М. Физико-химические исследования дисперсных осадочных пород в строительных целях. – М.: Стройиздат, 1975. 151 с.

Грунтоведение /Уч. под ред. Е.М.Сергеева. 3-е изд. – М., Изд-во Моск. ун-та, 1971, 595 с.

Грунтоведение / Уч. под ред. Е.М.Сергеева. 5-е изд. – М., Изд-во Моск. ун-та, 1983, 392 с.

Грунтоведение / Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А. и др. // Под ред. В.Т.Трофимова. – 6- изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 1024 с. (Классический университетский учебник).

Грязнов О.Н., Дубейковский С.Г. Ноогенез и геологическая среда промышленно-городских агломераций Урала. – В сб.: Теоретич. проблемы инженерной геологии / Тр. Межд. научн. конф. // Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королёва. – М., Изд-во Московского университета, 1999, с. 155-157.

Дашко Р.Э. Теория и практика инженерно-геологического анализа и оценки водонасыщенных глинистых пород как оснований сооружений. / Автореф. дисс... докт.г.-м.н. – Ленинград, Горный ин-т им. Г.В.Плеханова, 1985. 41 с.

Дашко Р.Э. Механика горных пород./ Уч. для вузов. – М., Недра, 1987, 246 с.

Дашко Р.Э., Карпова Я.А. Роль микробиоты при изучении состояния и свойств дисперсных грунтов и развитии и инженерно-геологических процессов (на примере Санкт-Петербурга). // Грунтоведение. – 2012. № 1, с. 40-45.

Декарт Р. Сочинения. – С.-Пб.: Наука, 2006. 649 с.

Денисов Н.Я. О природе деформаций глинистых пород. – М.: 1951, 200 с.

Денисов Н.Я. Природа прочности и деформаций грунтов. – М.: Стройиздат 1972. – 280 с.

Джевонс У.С. Основы науки. Трактат о логике и научном методе. / Пер. с англ. 2-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 744 с.

Дмитриев В.В., Ярг Л.А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов. – М.: изд-во КДУ, 2008. 542 с.

Добреньков В.И., Осипова Н.Г. Методология и методы научной работы. / Уч. пособие. – М., ИД КДУ, 2009. 276 с.

Дублянская Г.Н., Дублянский В. Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. – Новосибирск: Наука, 1992, 144 с.

Дудлер И.В. Законы инженерной геологии, их основные следствия и значение для практики инженерных изысканий. // Теоретич. проблемы инж. геологии / Тр. Межд. научн. конф. под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королева – М., Изд-во МГУ, 1999, с.35-39.

Дудлер И.В. Развитие направлений инженерной геологии. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 91-92.

Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972. 310 с.

Ершов Э.Д. Общая геокриология. – М.: Недра, 1990. 559 с.

Зарецкий Ю.К. Вязкопластичность грунтов и расчеты сооружений. М.: Стройиздат, 1988. 352 с.

Захаров Ю.Ф. Пути выживания и развития отечественной инженерной геологии на современном этапе. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 27- 28.

Здобин Д.Е., Свертилов А.А. История становления инженерной геологии и геотехники в России и их современное положение в системе инженерных изысканий. – Инженерные изыскания, 2014, №1, с. 28-33.

Зелинский И.П. Инженерно-геологический анализ эффективности противооползневых мероприятий г.Одессы. / Автореф. канд. дисс. – М., МГУ, 1970, 23 с.

Зелинский И.П., Черкез Е. А., Гузенко А. В. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. – Одесса: ОГУ, 1983, 127 с.

Зеркаль О.В., Антипина И.С., Терешкова Н.Ю. Основные подходы к применению ГИС-технологий при ведении мониторинга экзогенных геологических процессов. – Зап. Горного института, СПГГИ (ТУ), 2003, т. 153, Проблемы современной инж. геологии, с.64-66.

Зиангиров Р.С. Объемная деформируемость глинистых грунтов. – М.: Наука, 1979. 164 с.

Зиангиров Р.С., Бондарик Г.К. Инженерная геологич в начале 3-го тысячелетия. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 72-75

Золотарёв Г.С. О некоторых современных проблемах инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 31-35.

Золотарёв Г.С. Методика инженерно-геологических исследований. – М.: Изд-во МГУ, 1990;

Золотарёв Г.С. Инженерная геодинамика. / Учебник. – М., Изд-во МГУ, 1983. 328 с.

Иванов И.П. Инженерная геология вчера, сегодня, завтра. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 22- 23.

Иванов И.П., Трщинский Ю.Б. Инженерная геодинамика. – СПб.: Наука, 2001. 416 с.

Иванов П.Л. Уплотнение малосвязных грунтов взрывами. – М.: Недра. 1983. 230 с.

Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов. – М.: Высшая школа, 1991. 447 с.

Инженерная геология России. Том 1. Грунты России / Под ред. Трофимова В.Т., Вознесенского Е.А. и Королёва В.А. – М., изд-во КДУ, 2011, 672 с.

Инженерная геология России. Том 2. Инженерная геодинамика территории России / Под ред. Трофимова В.Т. и Э.В.Калинина. – М., изд-во КДУ, 2013, 816 с.

Инженерная геология СССР / Под ред. Е.М.Сергеева; в 8-и томах. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986 – 1987.

Каган А.А. Инженерно-геологическое прогнозирование. – М., Недра, 1984, 196 с.

Калинин Э.В. Напряженное состояние массивов горных пород склонов и его анализ методами математического моделирования / Автореф. дисс... докт. г.-м.н. – Москва, МГУ, 1992.

Каменский Г.Н. Предмет инженерной геологии как науки // Известия АН СССР, Отдел математических и естественных наук, сер. Геология, 1936, № 1, с. 223—229.

Камышев А.П. Методы и технологии мониторинга природно-технических систем севера Западной Сибири. – М., ВНИПИГАЗДОБЫЧА, 1999. – 230 с.

Кант И. Метафизические начала естествознания. – М.: Изд-во «Мысль», 1999,а. – 1712 с. (сер.: Классическая философская мысль).

Кант И. Основы метафизики нравственности. – М.: Изд-во «Мысль», 1999,б. – 1472 с. (сер.: Классическая философская мысль).

Качугин Е. Г. Геологическое изучение динамики берегов водохранилищ. – М.: Наука, 1975, 147 с.

Коваленко В.Г. Динамическая устойчивость массивов дисперсных грунтов и управление ею при функционировании нефтегазопромысловых сооружений (на примере месторождений Среднего Приобья). / Автореф. дисс....докт.г.-м.н. – Москва, МГУ, 2008.

Кожобаев К.А. Закономерности изменения прочности и деформирования дисперсных грунтов при низкочастотных динамических воздействиях. / Автореф. дисс. ....докт.т.н. – Бишкек, Ин-т физики и мех. горных пород. 1995.

Койре А. Очерки истории философской мысли. О влиянии философских концепций на развитие научных теорий./ Изд. 2-е, пер. с франц. – М., изд. группа URSS, 2003. 272 с.

Коломенский Н.В. Инженерная геология. / Учебник. – М., Госгеолиздат. Часть 1. 1951; Часть 2. 1956, 320 с.

Коломенский Н.В. Общая методика инженерно-геологических исследований.- М.: Недра. 1968. 342 с.

Коломенский Н.В. Некоторые проблемы развития инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 36-40.

Коломенский Н.В., Комаров И.С. Инженерная геология. – М.: Высшая школа, 1964, 480 с.

Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. – М: Недра, 1972, 296 с.

Копнин П.В. Логические основы науки. – Киев, Наукова думка, 1968. С. 116.

Королёв В.А. Идеи М.В.Ломоносова в инженерной геологии. – Инженерная геология, № 1, 2012, с. 16-22.

Королёв В.А. Инженерная защита территорий и сооружений. Уч. пособие // Под ред. В.Т.Трофимова, – М., КДУ, 2013. 470 с.

Королев В.А. Кризисное состояние современной инженерной геологии. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр.

Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996а, с. 24-25.

Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: уч. пособие / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Книжный дом «Университет», 2007. 416 с.

Королев В.А. Ноогенез и условия действия законов инженерной геологии. – В сб.: Теоретич. проблемы инженерной геологии / Тр. Межд. научн. конф. // Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королёва. – М., Изд-во Московского университета, 1999, с. 147-148.

Королев В.А. Об основных положениях теории ноогенеза и задачах геологии ноосферы (ноогеологии). – В сб.: Теоретич. проблемы инженерной геологии / Тр. Межд. научн. конф. // Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королёва. – М., Изд-во Московского университета, 1999, с. 145-146.

Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 365 с.

Королев В.А. Перспективы развития инженерной геологии и её трансформации в геологию ноосферы. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996б, с. 60-71.

Королев В.А. Проблемы рационального недропользования в Российской Федерации. – ГеоРиск, 2010, № 2, с.30-36.

Королев В.А. Современное состояние и проблемы развития инженерной геологии. – Записки горного ин-та, т.153, 2003, с.40-42

Королев В.А. Теория электроповерхностных явлений в грунтах и их применение. – М., ООО «Сам полиграфист», 2015. – 468 с.

Косыгин Ю.А. Человек. Земля. Вселенная. – М.: Наука, 1995. 335 с.

Котлов Ф.В. Настоящее и будущее инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 41-53.

Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. – М.: Недра, 1978, 263 с.

Кригер Н.И. Лёсс, формирование просадочных свойств. – М.: Наука, 1986. 130 с.

Круподеров В.С. Научно-методические основы изучения режима экзогенных геологических процессов / Автореф. дисс. .... докт. г.-м. н. – М., МГУ, 2001. 74 с.

Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. – Киев: Будивельник, 1982. 224 с.

Круть И.В. Исследование оснований теоретической геологии. – М.: Наука, 1973. 208 с.

Кудрявцев В.А. О некоторых проблемах инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 54-61.

Кульчицкий Л.И., Усъяров О.Г. Физико-химические основы формирования свойств глинистых пород. М.: Недра, 1981. 178 с.

Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1975. 288 с.

Ларионов А.К. Вопросы развития инженерной геологии и проблемы грунтоведения. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 62-69.

Ларионов А.К. Методы исследования структуры грунтов. – М.: Недра, 1974. 200 с.

Ларионов А.К. Инженерно-геологическое изучение структуры рыхлых осадочных пород. – М.: Недра, 1966. 328 с.

Лехатинов А.М. Экзогенные геологические процессы и их прогноз (зона БАМ и сопредельные территории) / Автореф. дисс..... докт. г.-м.н. – Иркутск, ИЗК СО РАН, 2004. 41 с.

Ломоносов М.В. О слоях земных. 1761. // Избранные произведения. Том 1. – М.: Наука, 1986, с. 361-434.

Ломоносов М.В. Слово о рождении металлов от трясения земли. 1757. // Избранные произведения. Том 1. – М.: Наука, 1986, с. 344-360.

Ломтадзе В.Д. Инженерная геология, её содержание и задачи. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 70-79.

Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. – Л.: Недра, 1977. 479 с.

Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л.: Недра, 1978. 496 с.

Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. – Л.: Недра, 1984. 511 с.

Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. – Л.: Недра, 1986. 272 с.

Ломтадзе В.Д. Словарь по инженерной геологии. – СПб., Санкт-Петербургский горный ин-т, 1999. 360 с.

Лысенко М.П. Лёссовые породы. (Состав и инженерно-геологические особенности). – Л.: Недра, 1978. 208 с.

Макеева Е.Д. Естественнонаучная картина мира: уч.-метод. пособие. – Самара, Изд-во ООО «Порто-принт», 2014, 190 с.

Максимович Г.А. Основы карстоведения: В 2 т. Т. 1. Пермь, 1963. – 444 с. Т. 2. Пермь, 1969. 529 с.

Маслов Н.Н. Перспективы и пути дальнейшего развития инженерной геологии как теоретической и прикладной дисциплины. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 89-96.

Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними). – М.: Стройиздат, 1977. 320 с.

Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2012. 465 с.

Медведев С.В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962. 212 с.

Мельникова К.П., Сергеев Е.М. Идеи В.И.Вернадского о ноосфере и дальнейшее развитие инженерной геологии. – Вестник МГУ. Сер.4. Геология, 1963, № 1, с. 43-47.

Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород/Под ред. Е.М.Сергеева. Т. 2. М.: Недра, 1984. 438 с.

Минервин А.В., Комиссарова Н.Н. Природа просадочности лёссовых пород. // Вопросы инж. геологии и грунтоведения. Вып.5. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983, с. 16-31.

Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. — М.: Колос, 1970. 240 с.

Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – Ленинград, Гидрометеоиздат, 1988. 304 с.

Молоков Л.А. Взаимодействие инженерных сооружений с геологической средой. – М.: Недра, 1988. – 222 с.

Мороз С.А., Ларченков Е.П. Основы познавательного процесса в современной геологии: Учеб. пособие. – Киев, изд-во Выща шк., Головное изд-во, 1989. 352 с.

Морозов С.С. Материалы по региональному грунтоведению. – М., Изд-во Московского ун-та, 1964. 154 с.

Мохначев М.П. Усталость горных пород. – М.: Наука, 1979. 151 с.

Мюллер Л. Инженерная геология. Механика скальных массивов. – М.: Мир, 1971. 254 с.

Научные открытия (справочно-методические материалы). / Гл. ред. О.Л.Кузнецов // Составитель В.В.Потоцкий – М.– СПб, РАЕН, 2000. 149 с.

Нижников С.А. Философия: курс лекций: учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во "Экзамен". 2006. 383 С.

Новиков А.С. Структурный анализ науки: Проблемы. Поиски. Открытия. Изд. 2-е сущ. Перераб. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 480 с.

Оползни и устойчивость склонов. Библиографический указатель. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2010. 528 с.

Осипов В.И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. – М.: Изд-во МГУ, 1979. 235 с.

Осипов В.И. Современные задачи инженерной геологии в решении экологических проблем. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996,б, с. 135-136.

Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств.- М.: ГЕОС, 2013. – 576 с.

Осипов В.И., Соколов В.Н., Еремеев В.В. Глинистые покрышки нефтяных и газовых месторождений. – М.: Наука, 2001, 238 с.

Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. / Под ред Е.М.Сергеева – М.: Недра, 1989, 211 с.

Панюков П.Н. Инженерная геология. – М.: Недра, 1968. 468 с.

Панюков П.Н. Современное состояние и задачи инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 97-103.

Парабучев И.А. Мониторинг процессов взаимодействия гидротехнических сооружений с геологической средой. – Инж. геология, 1992. № 2, с. 3-16.

Пашкин Е.М. Перспективы развития инженерной геологии на базе концепции самоорганизации геосистем. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 95-96.

Пашкин Е.М., Каган А.А., Кривоногова Н.Ф. Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии. / Под ред. Е.М.Пашкина – М., КДУ, 2011. 952 с.

Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. – М.: изд-во КДУ, 2009. 350 с.

Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ / Уч. пособие. – М.: Выс. шк., 1989. 367 с.

Платов Н.А., Потапов А.Д., Лаврусевич А.А. и др. Ирина Михайловна Горькова (1912-1999) – выдающийся ученый в области инженерной геологии (к 100-летию со дня рождения). – Инженерная геология, 2012, №5, с. 19.

Попов И.В. Инженерная геология СССР. – М.: Изд-во Моск. ун-та, ч.1, 1961, 178 с.; ч.2, 1965, 478 с.; ч. 3, 1969, 378 с.; ч.4, 1971, 247 с.; ч.5, 1974, 431 с.

Попов И.В. Инженерная геология. / Учеб. – М., Госгеолиздат, 1951, 444 с.

Попов И.В. Инженерная геология / 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1959. 510 с.

Попов И.В. Принципы инженерно-геологического картирования и районирования территорий (на обзорных картах). – Изв. Вузов. Геология и разведка. 1961. № 8, с.91-99

Попов И.В. Научно-техническая революция и инженерная геология. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 104-108.

Попов И.В., Бондарик Г.К., Розовский Л.Б. Задачи и методы долгосрочного прогноза инженерно-геологических условий территории. – В кн.: Рациональное использование земной коры. – М., Недра, 1974, с. 51-60.

Поппер К.Р. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1983. 605 с.

Поппер К.Р. Объективное знание. Эволюционный подход. / Пер. с англ. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. 384 с.

Постоев Г.П. Прогнозирование и управление состоянием оползней на основе изучения их механики формирования и режима / Автореф. дисс.... докт. т. н. – Москва, ВСЕГИНГЕО, 1992.

Рагозин А.Л. Теория и практика оценки геологических рисков. / Автореф. дисс.... докт. г.-м. н. – Москва, ПНИИИС, 1997. 43 с.

Радугин А.А., Радугина О.А. Философия науки: общие проблемы // Уч. пособие для вузов. – М.: Библионика, 2006. 320 с.

Разумовский О.С. Оптимология. Ч.1. Общенаучные и философско-методологические основы. – Новосибирск, ИДМИ, 1999, 285 с.

Раутиан А.С. Букет законов эволюции. // Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю.Розанова. – М.: Тов-во научных изданий КМК. 2006, с. 20-38

Рац М.В. Неоднородность горных пород и их физических свойств. – М.: Наука, 1968. 107 с.

Рац М.В. Структурные модели в инженерной геологии. – М.: Недра, 1973. 216 с.

Рац М.В., Слепцов Б.Г. Будущее инженерной геологии. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 81-82.

Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986, 264 с.

Розовский Л.Б. Введение в теорию геологического подобия и натурного моделирования. – М.: Недра, 1969, 128 с.

Розовский Л.Б., Зелинский И.П. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. / Уч. пособие. – Одесса, 1975, 115 с.

Розовский Л.Б. К вопросу об общих задачах, методе и системе знаний в инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 109-116.

Саваренский Ф. П. Инженерная геология. / 2-е изд. – Л., ГОНТИ, 1939. 488 с.

Саваренский Ф.П. Избранные сочинения. – М.-Л., Изд-во Академии наук СССР, 1950, – 412 с.

Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. – М., Наука, 1987. 100 с.

Сергеев Е.М. Генетическая классификация грунтов в свете учения М.В.Ломоносова «О слоях земных». – Вестник Московского университета, 1950, № 8, с. 55-68.

Сергеев Е.М. Ещё раз об инженерной геологии. – В сб.: Пути дальнейшего развития инженерной геологии. / Мат-лы 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М., Изд-во МГУ, 1971, с. 117-123.

Сергеев Е.М. Инженерная геология. / Учебник для вузов – М., Изд-во Московского университета, 1978, 384 с. (2- изд., – М., Изд-во Московского университета,1982. 384 с.).

Сергеев Е.М. Инженерная геология – наука о геологической среде. – Инж. геология, 1979, №1, с. 3-19.

Сергеев Е.М. Методологические основы грунтоведения. В сб.: Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. – М.: Изд-во Московского университета, 1968. С.5-16.

Сергеев Е.М. Некоторые идеи грунтоведения в работе М.В.Ломоносова «О слоях земных».- Вестник Московского университета, 1949, № 9, с. 99-103

Сергеев Е.М. О будущем инженерной геологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1974. №1. С. 7-15.

Сергеев Е.М. Общее грунтоведение / Уч. пособие. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1952, 383 с.

Сергеев Е.М. Положение инженерной геологии в разделе геологических наук, ее современное состояние и пути дальнейшего развития // Инж. геология. 1989. № 2. С. 5 -14.

Сергеев Е.М., Комиссарова Н.Н. Генезис и постгенетические изменения лёссовых пород. // В кн.: Лёссовые породы СССР. В 2-х томах. Том 1. – М.: Недра, 1986, с. 4-27.

Снежкин Б.А. Ноогенез – превращение геологической среды в среду обитания человека. – В сб.: Теоретич. проблемы инженерной геологии / Тр. Межд. научн. конф. // Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королёва. – М., Изд-во Московского университета, 1999, с. 149-150.

Снежкин Б.А., Королёв В.А., Трофимов В.Т. Ноогенез – осознанное, позитивное и разумное преобразование грунтовых толщ. – В сб.: Генезис и модели формирования свойств грунтов./ Тр. Межд. научн. конф. // Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королёва. – М., Изд-во Московского университета, 1998, с. 24-25.

Тейяр де Шарден П. Феномен человека. – М., Устойчивый мир, 2001, 232 с.

Султанов А.Д., Кравчинский З.Я. О геологических законах и их философской сущности. – Изв. АН СССР. История, философия и право. 1970, № 2, с. 88-94.

Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / Под ред. Н.М.Сергеева. – М.: Недра, 1985. 332с.

Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы / Под ред. акад. Е. М. Сергеева. – М.: Недра, 1986, 254 с.

Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты. / Под ред. акад. Е. М. Сергеева. – М.: Недра, 1985, 259 с.

Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы. / Под ред. акад. Е. М. Сергеева. – М.: Недра, 1985, 288 с.

Теория и методология экологической геологии / Под ред. В. Т. Трофимова. – М.: МГУ, 1997, 368 с.

Тер-Степанян Г.И. Перспективы и дальнейшие пути развития инженерной геологии. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 131-138.

Трофимов В.Т. Генезис просадочности лёссовых пород (гипотезы, экспериментальные данные, задачи дальнейших исследований). Статья 1 // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология, 1986, №1, с. 78-91. Статья 2. // Там же, 1986, № 2, с. 60-76.

Трофимов В.Т. Генезис просадочности лёссовых пород. – М.: 1999, 271 с.

Трофимов В.Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. – М.: Изд-во МГУ, 2002. 348 с.

Трофимов В.Т. О гипотезах формирования просадочности лёссовых пород. – Проблемы лёссовых пород в сейсмических районах. – Ташкент, изд-во Фан, 1980, с. 100-103.

Трофимов В.Т. Основные законы инженерной геологии и её научных направлений. – Теоретические проблемы инженерной геологии. / Тр. Межд. научн. конф. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999, с. 30-34.

Трофимов В.Т. Современное состояние и новые теоретические задачи инженерной геологии как науки. – Инж. геология, 2010, № 4, с. 6-17.

Трофимов В.Т. Содержание, структура и современные задачи инженерной геологии. Статья 1. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. Геология. 1996, № 6, с. 3-16.

Трофимов В.Т. Содержание, структура и задачи инженерной геологии. Статья 2. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. Геология. 1997. № 2, с. 3-12.

Трофимов В.Т. Существующие гипотезы формирования просадочности лёссовых пород. / В кн.: Лёссовый покров Земли и его свойства // Под ред. В.Т.Трофимова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001, с. 330-346.

Трофимов В.Т. Теоретические аспекты грунтоведения. – М., Изд-во МГУ, 2003, 114 с.

Трофимов В.Т. Теория формирования просадочности лёссовых пород. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. 375 с.

Трофимов В.Т. Термин «грунт»: ретроспектива и современное содержание // Вестн. Моск. унта. Сер. 4. Геология. 2000. № 1. С. 58-61.

Трофимов В.Т., Аверкина Т.И. Теоретические основы региональной инженерной геологии. – М.: ГЕОС, 2007, 464 с.

Трофимов В.Т., Аверкина Т.И., Спиридонов Д.А. Инженерно-геологические структуры Земли. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 176 с.

Трофимов В.Т., Балыкова С.Д. Экспериментальные доказательства формирования в лёссовых породах просадочности различных генетических типов. / В кн.: Лёссовый покров Земли и его свойства // Под ред. В.Т.Трофимова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001, с. 347-405.

Трофимов В.Т., Бондаренко В.С. Особенности современного облессования пород различного гранулометрического состава в гумидных условиях. // Вопросы инж. геологии и грунтоведения. Вып. 5. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983, с. 32-43.

Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Инженерная геология, экологическая геология и геоэкология – соотношение содержания, объектов, предметов и задач. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 114-117.

Трофимов В.Т., Королёв В.А. Геологическая среда как ноосферная категория. – Вестник МГСУ, № 11, 2013, с. 188-193.

Трофимов В.Т., Королёв В.А. Логика и структура понятийно-терминологической базы инженерной геологии. – Инж. геология, 2011, № 2, с. 6-16.

Трофимов В.Т., Королёв В.А. Новые, ноосферные представления о геологической среде. – Вестник МГУ. Сер. Геология, 2014, № 3, с.61-65.

Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Инженерно-геологические карты. Учебное пособие для вузов. — М., изд-во КДУ, 2008. 383 с.

Урманцев Ю.А. Общая теория систем в доступном изложении. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2014. 408 с.

Урсул А.Д. Феномен ноосферы: Глобальная эволюция и ноосферогенез. – М.: Ленанд, 2015. 336 с.

Федоренко В.С. Горные оползни и обвалы и их прогноз. – М., Изд-во МГУ, 1988, 212 с.

Флейшман С.М. Сели. – Л., Гидрометеоиздат (2-е изд.), 1978, 312 с.

Хазанов М.И. Искусственные грунты, их образование и свойства. – М.: Наука, 1975. 135 с.

Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии (геология на пороге XXI века). – М.: Наука, 1995. 190 с.

Хаин В.Е., Рябухин А.Г., Неймарк А.А. История и методология геологических наук: учеб. пособие. – М.: Изд. центр Академия, 2008, 416 с.

Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. / Под ред. В.В.Баулина. – М., ГЕОС, 2003, 216 с.

Хорган Дж. Конец науки: Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки. / Пер. с англ. М.Жуковой. – СПб.: Амфора, 2001. 479 с.

Хрусталев Л.Н., Гарагуля Л.С. Принципы управления геотехническими системами в криолитозоне. – Геоэкология, 1998, № 5, с. 30-36.

Чан Мань Льеу. Теоретические и методологические основы организации мониторинга литотехнической системы «городская

агломерация». / Автореф. дисс. ... докт. г.-м.н. – Москва, ИГЭ РАН, 1998.

Чуринов М.В. Инженерная геология как наука и некоторые важные проблемы сегодняшнего дня. // Пути дальнейшего развития инженерной геологии / Мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 145-151.

Шарапов И.П. Логический анализ некоторых проблем геологии. – М., Недра, 1977, 143 с.

Шарапов И.П. Метагеология: Некоторые проблемы. – М.: Наука, 1989. – 208 с.

Шаумян Л.В. Природа физико-механических свойств массивов горных пород. – М.: Изд-во МГУ, 1988. 190 с.

Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. – М.: Недра, 1980, 296 с.

Шеко А.И. Инженерная геология первой половины XXI века. – В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра. / Тр. Межд. научн. конф. 5-7 февраля 1996 г., Москва. – М., Изд-во МГУ, 1996, с. 76-80

Шеко А.И. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР. – М.: Недра, 1969, 238 с.

Шеко А.И., Круподеров В.С. Оценка опасности и риска экзогенных геологических процессов. – Геоэкология, 1994, № 3, с. 11-21.

Шешеня Н.Л. Основные законы грунтоведения. В сб.: Оценка и прогноз изменений инженерно-геологических условий осваиваемых территорий. Вып.1, т.2. – М.: Изд-во ЦБНТИ Госконцерна «Водстрой». 1991. С. 89-101.

Шешеня Н.Л. Основы инженерно-геологического прогнозирования. – М.: Наука, 1986, 111 с.

Шибакова В.С. Инженерная геология — события и люди. – М.: Издательство «Академическая наука» — ООО «Геомаркетинг», 2014, 160 с.

Энгельс Ф. Диалектика природы. / Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. в 9-ти т. Том 5.– М., Политиздат, 1986. 779 с.

Яшин А.А. Феноменология ноосферы: Предтеча ноосферы. Ч.1. Естественно-научный базис. / Изд. стереотип. – М.: Изд-во ЛКИ, 2015. 368 с.

Яшин А.А. Феноменология ноосферы: Предтеча ноосферы. Ч.2. Мышление и виртуальная реальность. / Изд. стереотип. – М.: Изд-во ЛКИ, 2015. 280 с.

Baynes F.J, Griffiths J.S. and Rosenbaum M.S. The future of engineering geology. – Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 2009, v. 22, p. 297-302

Bjerrum L., Casagrande, A., Peck, R.B. & Skempton, A.W. From theory to practice in Soil Mechanics. – John Wiley, 1960. 424 p.

Culshaw M.G., Reeves H.J. and Rosenbaum M.S. Two hundred years of engineering geology. – Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 2008. 41 (2). 137-142.

Culshaw M.G., Reeves H.J., Jefferson I.; Spink T.W. (eds). Engineering geology for tomorrow's cities. – London, UK, Geological Society of London, 2009. 315 p.

Dearman W.R. Engineering geological mapping. – Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford. 1991. 387 p.

Dobbs, M.R.; Culshaw, M.G.; Northmore, K.J.; Reeves, H.J.; Entwisle, D.C. Methodology for creating national engineering geological maps of the UK. – Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 2012. 45 (3). 335-347.

Engineering Geology of the Earth. – Moscow: Nauka Publishers. 1989, 248 p.

Environmental geosciences and engineering survey for territory protection and population safety (EngeoPro-2011) / International Conference under the aegis of IAEG, Moscow, Russia, September 6-8, 2011 / Abstracts to Proceedings. – Moscow, ИП Киселева Н.В. (IE Kiseleva N.V.), 2011, 268 p.

Inoue D., Oshima H., JSEG Research Planning Committee and JSEG International Committee. A perspective on the future of engineering geology in the world, Asia and Japan. – Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications 2009, v. 22, p. 281-286

Keaton J.R. Modern trends in engineering geology. – Environmental and Engineering Geology, Encyclopedia of Life Systems, Support. 2010. V.1, pp. 1-10.

Kezdi A. Handbuch der Bodenmechanik. – Amsterdam: Elsevier Scientific. V.1.Soil physics. 1974. 294 p.; v. 2.Soil testing. 1980, 258 p.; v.3.Soil mechanics of earthworks. 1979, 160 p.; v.4. Application of soil mechanics in practice,1990.

Kiersch G.A. (ed.), The heritage of Engineering Geology: the First Hundred Years. – Geological Society of America, Centennial Special, 1991. 3, 605 p.

Knill J.L. Environmental change and engineering geology: our global challenge. – Engineering Geology and the Environment. Balkema, 2001. 4, 3355-3361.

Mitchell J.K. Fundamentals of soil behavior // Univ. of California, Berkeley. John Wiley & Sons, Inc., 1976.

Reeves H.J., Jefferson I., and Spink T.W. (editors). Engineering Geology for Tomorrow's Cities, – Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication. 2009, 22, pp. 273-276.

Rogers J.D. Disappearing practice opportunities: why are owners and engineers taking increased risks? What can be done to counter this threat? In: Proceedings of a Symposium "Visioning the future of engineering geology: stewardship and sustainability," 26 September 2002, Reno, Nevada at the Joint Annual Meeting of the Association of Engineering Geologists (AEG) and the American Institute of Professional Geologists (AIPG). Special Publication 14 (on CD-ROM). – Association of Engineering Geologists, Denver, Colorado, 2002. 14 p.

Skempton A.W. A History of Soil Properties, 1717–1927. – Proceedings, XI International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, Golden Jubilee Volume, A. A. Balkema, 1985. 95–121.

Tepel R.E. Toward a philosophy of engineering geology. In: Tepel R.E. (ed.). Visioning the Future of Engineering Geology: Understanding Conflict and Cooperation in the Practice of Engineering Geology. – Association of Engineering Geologists (AEG), Special Publication, 2004, 19. Vol. 4, 44 p. [CD-ROM].

Tepel R.E. Risk Management as the Essence of Engineering Geology (Issues in Professional Licensure for Geologists, LVI), AEG News, June 2010, vol. 53, no. 2, pp. 32-34.

Tepel R.E. Renaissance and Rediscovery in Engineering Geology: the Search for Its 21st Century Raison d'Être, 4th International Professional Geology Conference: Earth Science-Global Practice, Vancouver, British Columbia. Conveners: European Federation of Geologists, Australian Institute of Geoscientists, and American Institute of Professional Geologists, hosted by Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia. 2012. (abstract).

Terzaghi K. Theoretical Soil Mechanics. – John Wiley, New York. 1943.

Terzaghi K. and Peck R.B. Soil Mechanics in Engineering Practice. – John Wiley, New York. 1948.

Zaruba Q. V´yzkumné práce geologické v inzenyrském stavitelství (Geological investigations in civil engineering). – Praha, Masarykova akademie práce, 1932. 144 p.

***

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

А

Абатурова И.В. – 144, 246, 255, 256
Абелев М.Ю. – 213, 216, 225
Абелев Ю.М. – 26, 216, 222
Аболмасов Б. – 256
Абрамова Т.Т. – 225
Авакян А.Б. – 243
Авенариус Р. – 7, 132
Аверкина Т.И. – 35, 36, 65, 66, 70, 72, 73,74, 75, 80, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 117, 121, 242, 254, 260, 263, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 274, 278
Авсюк Ю.Н. – 165
Агафонов Г.И. – 219
Агеев В.Г. – 249
Адамович А.Н. – 195, 225
Адиков М.Т. – 216
Айбулатов Н.А. – 32, 242
Айзенберг Я.М. – 236, 239
Айтматов И.Т. – 215
Акар И. – 227
Акимов А.Т. – 210, 211
Акимов В.А. – 257
Акимов Ю.П. – 193
Акинфиев С.А. – 46, 118, 119, 120, 179, 266
Аксёнов В.И. – 211
Акулова В.В. – 216, 251
Александров И.Г. – 21
Александрова О.Ю. – 224
Алексеев А.А. – 256
Алексеев Г.В. – 26
Алексеев С.В. – 252
Алексеев С.Н. – 195
Алексеева Т.Н. – 199
Алёшин А.С. – 46, 236
Алешинская З.В. – 195
Алласиа П. – 256
Амарян Л.С. – 39, 189, 192
Аминов А.У. – 245
Ананьев В.П. – 26, 33, 39, 40, 46, 49, 191, 204, 209, 216, 225, 244, 274
Ананян А.А. – 210
Андреев Г.А. – 131
Андреева Т.В. – 216
Андрейчук В.Н. – 251
Андрианов П.И. – 193, 210, 211
Аникеев А.В. – 44, 46, 49, 233, 235, 250, 251, 252, 253, 274
Аникин И.В. – 248
Аниколенко В.А. – 46, 238
Анисимова Н.Г. – 251
Аносова Л.А. – 246
Антипина И.С. – 275
Антипов-Каратаев И.Н. – 206
Апродов В.А. – 269
Аренс В.Ж. – 227
Арешидзе Г.М. – 246, 248
Аринушкина Е.В. – 203
Аристовская Т.В. – 194
Аристотель – 7, 132, 136, 137, 140
Арманд Д.Л. – 244, 252
Арнаутов А.И. – 46
Арну М. – 33, 34
Аронов А.Г. – 236
Архангельский И.В. – 126
Архидьяконских Ю.В. – 252
Архимед – 102
Арэ Ф.Э. – 35, 252
Аскалонов В.В. – 28, 225
Аслибекян О.В. – 222
Аствацатурова К.А. – 145
Аттерберг А.М. – 18, 191
Афанасенко В.Е. – 252, 269
Афонин А.П. – 28
Ачилов М.Ф. – 216
Ашпиз Е.С. – 251

Б

Бабанакова С.А. – 256
Бабинец А.Е. – 39
Баду Ю.Б. – 252
Байда С.И. – 238
Байдюк Б.В. – 213
Байнес Ф.Дж. – 48
Балаев Л.Г. – 26, 33, 34, 39, 216
Баландин Ю.Г. – 144, 147, 216, 246
Балданжавын А. – 243
Балдо М. – 256
Балобаев В.Т. – 35, 211
Балыкова С.Д. – 216, 278
Банник Г.И. – 225
Барабанов В.Л. – 236, 238
Баранова В.И. – 112, 225
Барбот де Марни – 15
Баринов А.Ю. – 242, 256
Баркан Д.Д. – 26
Баррер Р. – 206
Баррон Г. – 195
Баулин В.В. – 34, 35, 37, 252, 278
Безрук В.М. – 28, 110, 225
Безуглова Е.В. – 257, 258
Беликов Б.П. – 218
Белый Л.Д. – 30, 31, 33, 39, 41, 78, 79б 269б 274
Бельгибаев М.Е. – 244
Бельтрами – 217
Беляев В.Л. – 251
Бенявский З.Т. – 218
Берг Л.С. – 252
Берёзкина Г.М. – 210
Берер – 247
Бересфорд Д.С. – 13
Беркли Дж. – 7, 132
Беркович К.М. – 244
Берлянт А.М. – 46
Берман Д. – 134
Бернацкий Л.Н. – 20
Бернс С.Ф. – 48
Бершов А.В. – 236, 257, 258, 271
Беспалова Е.Н. – 249
Бессонов В.В. – 217
Билеуш А.И. – 246, 256
Бингам Ю. – 86, 221
Биндеман Н.Н. – 24
Биссвангер Х. – 223
Бишоп А.У. – 28, 29, 30, 220, 221
Блекуэлл Д. – 211
Блудушкина Л.Б. – 159
Бобков Н.В. – 17, 20, 21, 22, 23
Богатков О.А. – 236, 239
Богданов И.Я. – 216
Богданов М.И. – 122, 146

Богданович К.И. – 16
Богомолов А.Н. – 246
Богомолов Г.В. – 23
Богословский Н.Н. – 40
Болгов М.В. – 245
Болдырев А.К. – 17, 22
Болкунов О.А. – 219
Болотина И.Н. – 189, 223, 224
Болотов Г.Б. – 41
Болховитинов Л.Г. – 158, 277
Больцман Л. – 221
Бондарев В.П. – 100, 105, 126, 147, 151, 274
Бондарев М.В. – 265
Бондаренко А.А. – 246
Бондаренко В.И. – 226
Бондаренко В.С. – 163, 216, 230, 278
Бондаренко Н.Ф. – 193, 208
Бондарик Г.К. – 12, 15, 17, 21, 22, 23, 24, 28, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 42, 46, 49, 52, 53, 54, 57, 60, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 74, 75, 78, 79, 81, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 105, 106, 107, 108, 115, 116, 118, 119, 126, 127, 140, 147, 148, 152, 153, 168, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 188, 202, 213, 222, 233, 239, 240, 242, 253, 254, 256, 260, 261, 263, 265, 267, 269, 271, 274, 275, 277
Бор Н. – 132
Боровко Н.Н. – 185, 186, 274
Бородина А.А. – 238
Борускова О.В. – 258
Боуз Р. – 134
Бочаров В.Л. – 41, 51
Бочков Н.М. – 252
Браславский А.П. – 243
Браун К. – 255
Бриггс Л.Дж. – 14, 15
Брилинг И.А. – 204, 207
Бриллюэн Л. – 126, 274
Брио Ж.-Л. – 49, 50
Бровка Г.П. – 144, 211
Бровко Е.А. – 46
Бродская А.Г. – 213
Бродский – 134
Бройд И.И. – 225
Брок Р.У. – 18
Бромс Б. – 27
Брушков А.В. – 49
Брюхань Ф.Ф. – 46
Буачидзе И.М. – 33, 34, 39
Будагов Б.А. – 249
Буданов В.И. – 32, 242
Будз М.Д. – 245
Будыко М.И. – 263, 264
Буланова А.В. – 227
Булат А.Ф. – 219
Булль Дж. – 137
Бурмистрова Т.И. – 227
Бурова В.Н. – 46, 240, 243, 257
Бусел И.А. – 229, 232, 269
Буссинеск Ж.В. – 14
Бутов П.И. – 21, 23
Буханов Б.А. – 211
Буцько С.С. – 246, 247
Быкова В.С. – 26, 216
Бьеррум Л. – 19, 27
Бэкон Ф. – 7, 132, 133, 137, 140, 141
Бэлл А.Л. – 19
Бэр К.М. – 245
Бэр Ф. – 13

В

Вагнер К. – 17
Вагнер С.Й. – 13
Вайтекунене А.И. – 209
Вальтер И. – 172, 197
Ван Импе В. – 49, 50, 107
ван Ольфен Х. – 198
Варазашвили Н.Г. – 46, 243
Варга А.А. – 26, 33, 39, 45, 46, 49, 274
Вардугин В.Н. – 245
Вариниченко Г.М. – 213, 216
Варнес Д.Д. – 240
Вартанян Г.С. – 34, 39, 46
Василевский М.М. – 23
Васильев А.А. – 209
Васильев Ю.М. – 209
Васильчук Ю.К. – 252, 253
Васютинская С.Д. – 236
Вахтанова А.Н. – 41, 236, 238
Велли В. – 206
Вендров С.Л. – 243
Вен-Кан Феng – 247
Веретенникова М.В. – 244
Вернадский В.И. – 22, 274
Веселовский Б.В. – 247
Вигнер Г. – 206
Викторов А.С. – 49
Викулова М.Ф. – 191
Виленский Д.Г. – 244
Вильямс В.Р. – 15
Винер Н. – 134
Виноградов А.П. – 194
Виноградов В.В. – 219
Виноградов Ю.Б. – 33, 39, 245
Виноградова С.А. – 251
Виноградский С.Н. – 189, 194, 195
Вишняков Я.Д. – 257, 274
Владимиров – 132
Власов Б.Н. – 244
Власов Д.Ю. – 195, 223, 224
Вознесенский А.С. – 244
Вознесенский Е.А. – 26, 43, 49, 53, 213, 222, 274
Воларович М.П. – 213
Волков М.С. – 16
Волков Ф.Е. – 225, 226
Волластон – 13
Вологодский Г.П. – 251
Володько И.Ф. – 252
Вольни М. – 207
Воляник Н.В. – 26, 34, 216
Воробьев Ю.Л. – 242
Воробьева Л.А. – 203
Воронин А.Д. – 39, 193, 230
Воронкевич С.Д. – 28, 39, 110, 210, 225, 226, 274
Воскобойников М.В. – 243
Вотяков И.Н. – 211
Втюрин Б.И. – 26, 35, 192, 252
Втюрина Е.А. – 35, 252
Выгодин М.А. – 219
Вязкова О.Е. – 255
Вялов С.С. – 26, 34, 42, 202, 203, 213, 221, 222, 274

Г

Гаврильев Р.И. – 211
Гаев А.Я. – 251
Газизов М.С. – 251, 252
Гайнанов Ш.Х. – 41
Галай Б.Б. – 216
Галай Б.Ф. – 26, 43, 49, 216, 217, 256
Галеев А.А. – 51
Галилей Г. – 12, 141
Галицкая И.В. – 49, 245
Галкин А.Н. – 46, 204, 207, 254, 263, 265, 266
Галкина Е.А. – 245
Гальперин А.М. – 49, 274
Гамаженко В.С. – 243
Ганжара Н.Ф. – 223
Гапон Е.Н. – 206
Гарагуля Л.С. – 90, 252, 253, 278
Гасанов Ш.Ш. – 192
Гаусс К. – 130
Гвелесиани Г.В. – 248
Гвоздецкий Н.А. – 240, 251
Гвоздецкий Н.К. – 251
Гегель Г.В.Ф. – 7, 132, 136, 140, 148, 149
Гедройц К.К. – 17, 18, 23
Гейль И. – 17
Гейм А. – 250
Гейнс Г. – 206
Гельмгольц Г. – 205
Гельмерсен Г.П. – 15
Генки Г. – 217
Генсиоровский Ю.В. – 240
Герасимова А.С. – 35, 36, 92, 260, 263, 274
Герберг А.Т. – 207
Герсеванов М.Н. – 15, 21, 22, 222
Гёте И.В. – 103, 147
Геттон Дж. – 8
Гиббс Дж.В. – 207
Гилис М.Б. – 207
Гиляров М.С. – 194
Гинзбург А.А. – 239
Гинзбург И.И. – 246
Гинзбург Л.К. – 246, 247
Гирина О.А. – 239
Глазунов Г.П. – 252
Глобус А.М. – 210
Глоссоп Р. – 20, 225
Глушков В.П. – 17
Говард А.Д. – 242
Годшон Г. – 207
Голицын М.С. – 46
Головкинский Н.А. – 172, 197
Голодковская Г.А. – 25, 26, 33, 36, 42, 92, 142, 201, 218, 229, 240, 260, 262, 269, 270, 271, 274
Голубенцова К.М. – 245
Голынец Ф.Ф. – 22
Гольдберг В.М. – 210
Гольдман В.Г. – 211
Гольдштейн М.Н. – 26, 34, 185, 186, 187, 189, 204, 209, 210, 213, 217, 218, 221, 240, 246, 247, 274
Гончарова Л.В. – 28, 225
Горальчук М.И. – 268, 274
Горбова С.В. – 251
Горбунов Б.П. – 208
Горбунов Н.И. – 206
Горбушина В.К. – 246
Горин С.Е. – 105
Горлова А.Р. – 209
Горькова И.М. – 24, 25, 26, 27, 180, 185, 189, 196, 198, 201, 212, 213, 217, 222, 228, 229, 274, 277
Горянский А.Г. – 246
Грабовский М.А. – 210, 212
Гравис Г.Ф. – 35
Гречищев Е.К. –240, 242, 243,
Гречищев С.Е. – 26, 35, 221, 240, 252, 253, 254
Григорьев А.А. – 264
Григорьев М.Н. – 252
Григорян С.С. – 34
Гридин О.М. – 227
Гриднев Д.Г. – 238
Гринь Н.Н. – 216
Гриффитс Дж.С. – 217, 221
Гричушкин Б.А. – 212
Гришин М.Н. – 24
Грохольский Н.С. – 257
Груздов А.В. – 117
Грэм Д. – 205
Грязнов О.Н. – 34, 49, 50, 52, 56, 251, 274
Губер М. – 217
Гузенко А.В. – 275
Гуи Л.Ж. – 205
Гук Р. – 12, 172, 214
Гулакян К.А. – 34, 46, 97, 240, 246, 247, 248
Гулина В.Р. – 246
Гультен С. – 247
Гуменский Б.М. – 21, 110
Гупта Х.К. – 238
Гурьянов И.Е. – 269
Гусев А.А. – 242
Гуссак В.Б. – 34, 244
Гюйгенс Х. – 133

Д

Дабахов М.В. – 223
Дабахова Е.В. – 223
Давыдко Р.Б. – 251
Далматов Б.И. – 41
Даниелов Э.Р. – 238
Данилов И.Д. – 252
Дарси А. – 12, 13, 210, 211
Дахнов В.Н. – 211
Дашко Р.Э. – 25, 44, 46, 49, 105, 112, 189, 193, 195, 209, 213, 221, 222, 223, 224, 232, 274
Двойченко И.А. – 247
Дворцов П.А. – 234
де Мелло В.Ф.Б. – 27
Декандоль О. – 144
Декарт Р. – 7, 132, 137, 140, 274
Дельгадо К. – 48, 49
Дёмин А.М. – 246
Дёмкин И.А. – 255
Демьянович Н.И. – 246
Денисов Г.А. – 219
Денисов Н.Я. – 24, 25, 26, 27, 34, 41, 84, 89, 110, 159, 160, 161, 162, 163, 213, 214, 216, 217, 246, 274, 275
Дервариани А.С. – 251
Дерягин Б.В. – 193, 198, 207, 209
Джавахишвили Э.А. – 246
Джамолковски М. – 27
Джанджгава К.И. – 33, 39
Джевонс У.С. – 275
Джиллот Д. – 198
Дзекцер Е.С. – 34, 46, 144, 245
Дивисилова В.И. – 204, 209
Дидух Б.И. – 235
Динник А.Н. – 250

Дир Д.У. – 218
Дирман Б. – 34
Дирман У.Р. – 32, 36
Дитмар А. – 16
Дмитриев В.В. – 43, 49, 131, 199, 200, 240, 243, 275
Дмоховский В.К. – 40
Доббс М.Р. – 34
Добреньков В.И. – 58, 59, 66, 91, 101, 121, 154, 155, 171, 275
Добров Э.М. – 52
Добровольская Н.Г. – 244
Добровольский В.В. – 194
Докучаев В.В. – 15, 22
Долгов А.А. – 257
Долгов С.А. – 207
Дороднова К.М. – 243
Дортман Н.Б. – 218
Дорфман А.Г. – 247
Достовалов Б.Н. – 26, 35, 202, 203, 210, 211, 252
Дранников А.М. – 246, 248
Дроздов Д.С. – 35, 46, 147
Дроздов С.В. – 30
Дубейковский С.Г. – 26, 46, 264, 274
Дубелир Г.Д. – 20
Дубиков Г.И. – 26, 35, 252
Дубинин М.М. – 205
Дублянская Г.Н. – 245, 275
Дублянский В.Н. – 33, 34, 39, 41, 240 245, 251, 266, 275
Дудлер И.В. – 26, 43, 46, 54, 144, 176, 177, 179, 185, 197, 222, 234, 241, 267, 268, 275
Дуничев В.М. – 8
Дуранте В.А. – 26
Дырдин В.В. – 208
Дьяков И.М. – 52
Дьяконова В.И. – 46
Дэви Д. – 199
Дюгем П. – 7, 174
Дюпрэ С. – 49

Е

Евдокимова Л.А. – 225
Егоров П.В. – 208
Егоров Ю.К. – 209
Ёлкин В.А. – 251, 257
Елохин А.Н. – 257
Елохина С.Н. – 49
Емельянов А.Г. – 245
Емельянова Е.П. – 11, 31, 34, 240, 246, 252, 253, 275
Емельянова Т.Я. – 269
Епишин В.К. – 46, 243, 254, 255, 269, 271
Ерашов В.А. – 216
Еремеев В.В. – 277
Ерёмина О.Н. – 230
Ершов В.В. – 239
Ершов Э.Д. – 26, 33, 35, 39, 189, 192, 196, 201, 202, 203, 211, 275
Ершова А.В. – 216, 230
Ершова С.Б. – 92, 117, 260, 261, 266, 269
Ерыш И.Ф. – 246
Ерыш Ф. – 46
Есин Н.В. – 32, 242
Ефремов И.Ф. – 198

Ж

Жаринцов Д.Ф. – 17
Жданов А.М. – 243
Жемерикина Л.В. – 245
Жесткова Т.Н. – 26
Жигалин А.Д. – 44, 46, 236, 264
Жиленков В.Н. – 252
Жинкин Г.Н. – 208, 256, 257
Жихович В.В. – 246
Жордания Т.Г. – 210
Жук С.Я. – 31
Журков С.Н. – 221
Жюрен Дж. – 207

З

Забелина М.М. – 195
Заболотский Б.Ю. – 194, 212
Забродин В.Ю. – 139, 158
Завадовский – 12
Заварзин Г.А. – 195
Заиканов В.Г. – 46
Зайончек В.Г. – 46, 51
Зайцев И.К. – 251
Закоптелов В.Е. – 41, 251, 252
Залесский Б.В. – 210, 211
Замышляев В.Н. – 244
Зарецкий Ю.К. – 213, 214, 221, 222, 275
Заруба Г. – 34, 240
Заславский М.Н. – 240, 244
Затенацкая Н.П. – 112, 207
Захаров М.С. – 46
Захаров Ю.Ф. – 39, 54, 93, 122, 275
Захидов С.З. – 248
Зборщик М.П. – 196
Зверев В.П. – 47, 251
Звонков В.В. – 210
Звягинцев Д.Г. – 195, 223
Здобин Д.Ю. – 16, 20, 275
Зекцер И.С. – 39
Зелинский И.П. – 39, 40, 233, 235, 240, 246, 248, 253, 275
Земятченский П.А. – 18, 21
Зенкевич В.П. – 31, 34, 240, 242, 243
Зенкевич Е. – 17
Зеркаль О.В. – 46, 246, 247, 255, 256, 257, 258, 269, 271, 275
Зиангиров Р.С. – 25, 27, 34, 42, 46, 49, 54, 79, 112, 191, 208, 210, 212, 213, 214, 216, 221, 222, 275
Зилинг Д.Г. – 46, 57, 95, 278
Зильбершмидт М.Г. – 202
Зимин А.Б. – 105
Зимон А.Д. – 206
Злобина В.Л. – 251
Злочевская Р.И. – 25, 189, 193, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 216, 225
Золотарёв Г.С. – 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 39, 42, 90, 93, 112, 114, 144, 152, 180, 210, 233, 234, 235, 236, 238, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 251, 253, 257, 275
Золотарёв Д.Р. – 251
Зорин А.Н. – 215, 219, 226
Зорина Е.В. – 244
Зорина Е.Ф. – 244, 245
Зубайдуллин А.А. – 227
Зубенко Ф.С. – 246
Зубков И.Ф. – 169, 171
Зыков В.С. – 194

И

Иванов А.И. – 52
Иванов В.В. – 208
Иванов Д.А. – 16
Иванов И.П. – 26, 30, 34, 37, 42, 45, 46, 49, 87, 121, 240, 243, 244, 245, 248, 275
Иванов К.Е. – 240, 245
Иванов Л.В. – 147
Иванов Н.Н. – 21, 199, 200
Иванов П.Л. – 222, 275
Иванова И.Н. – 147
Иванова Н.Н. – 110, 244
Ивахнюк В.А. – 219
Ивахнюк Г.К. – 219
Ивлиев Е.А. – 227
Идрисс И. – 222
Иерусалимская Е.Н. – 202, 268, 271
Избаш С.В. – 210
Израелашвили Дж. – 198
Иконников Л.Б. – 243
Илиополов С.К. – 225
Ильин В.В. – 7
Ильин В.С. – 21, 22
Ильинская Г.Г. – 25, 198, 229
Ильичев В.А. – 49, 50
Импе В. – см. Ван Импе
Иностранцев А.А. – 15
Иодказис В.И. – 39
Ионов В.Ю. – 247
Иосс В.И. – 21
Иофис М.А. – 250
Исаченко Б.Л. – 194, 195
Исламов А.И. – 216
Исмаилов В.А. – 236
Исмаилов Т.А. – 246
Истомин В.А. – 192
Истомина В.С. – 252
Ишихара К. – 27

К

Кавецкий С.П. – 245
Каган А.А. – 176, 196, 253, 277
Каган А.К. – 275
Кадыров Э.В. – 216
Казагранде А. – 19, 27, 28, 198, 222
Казаков К.Я. – 252
Казаков Н.А. – 46, 245
Казакова И.Г. – 245
Казарновский В.Д. – 39, 43, 45, 46, 49, 222
Казеев А.И. – 257
Казикаев Д.М. – 34
Калачев В.Я. – 204, 206
Калашник А.И. – 258
Калганов В.Ф. – 257
Калинин Э.В. – 32, 34, 42, 46, 49, 233, 235, 240, 241, 242, 246, 250, 251, 275
Калиниченко Н.П. – 244
Калметева З.А. – 247
Камбефор А. – 225
Каменский Г.Н. – 22, 23, 66, 113, 275
Камеселле К. – 227
Кампе Р. – 19
Камшилов В.В. – 248
Камышев А.П. – 35, 46, 255, 256, 275
Кант И. – 7, 100, 132, 137, 147, 275
Канторович Л.В. – 236, 257
Каплин К.П. – 242
Каплин П.А. – 46, 240, 242, 243
Каплина Т.Н. – 240
Капралов Е.Г. – 46
Караваева Н.А. – 240, 245
Карагодин Ю.Н. – 161
Каракаш Н.М. – 15
Кардер Д.С. – 238
Карлович В. – 15
Карнаухова Г.А. – 243
Карно С. – 133
Карпинский А.П. – 15, 16
Карпова Я.А. – 274
Карпухин С.С. – 46
Касахара К. – 237
Кастро Г. – 222
Касьянова Н.А. – 46
Катаев В.Н. – 41, 49
Катасонов Е.М. – 26, 35, 196, 252
Катков А.П. – 238
Каченов В.И. – 41
Качинский Н.А. – 199
Качугин Е.Г. – 32, 34, 210, 240, 243, 244, 246, 275
Кашараба О.В. – 42
Кашперюк П.И. – 245
Каякин В.В. – 46, 47
Квашук С.В. – 90, 236, 254, 255, 256, 257
Квинке Г. – 205
Квливидзе В.И. – 193
Кезди А. – 28, 189, 190
Кейлис-Борок В.И. – 236
Керисел Ж. – 27
Кесь А.С. – 252
Киенко Ю.П. – 46
Киреева Н.А. – 227
Киркби М. – 244
Киселева З.Т. – 246
Киселева Н.В. – 279
Китон Дж.Р. – 55
Клайборн Д. – 13
Классон Р.Э. – 17
Клаузер К. – 211
Клаузиус Р. – 126
Клименко А.И. – 246
Клименко В.И. – 248, 257
Клоос Г. – 34
Клюкин А.А. – 246
Кнатько В.М. – 28, 225
Кобранова В.Н. – 210, 211, 212, 218
Ковалевский В.С. – 39
Коваленко В.Г. – 122, 222, 275
Кожевина Л.С. – 195
Кожевников А.Д. – 216
Кожевникова В.Н. – 251
Кожевникова И.А. – 251
Кожобаев К.А. – 26, 213, 222, 223, 275
Кожухарь Т.И. – 230
Козловский С.В. – 47, 49, 269, 271
Козлякова И.В. – 251
Козменко А.С. – 244
Козырева Е.А. – 246
Койре А. – 7
Кокорин А.А. – 131
Кокотов Ю.А. – 206
Колесников В.Г. – 215, 219
Количко А.В. – 144
Коллин А. – 12,13
Колмагоров В.М. – 208
Коломенский Е.Н. – 147
Коломенский Н.В. – 23, 28, 30, 87, 89, 93, 147, 180, 240, 244, 246, 275
Коломийцев Н.В. – 230

Колпашников Г.А. – 263, 265
Комарницкий Н.И. – 246
Комаров В.М. – 212
Комаров И.А. – 202, 203, 211
Комаров И.С. – 28, 33, 34, 36, 39, 89, 93, 118, 119, 120, 147, 179, 240, 266, 269
Комарова Н.А. – 207
Комарова Н.Г. – 166
Комиссарова Н.Н. – 26, 162, 164, 213, 216, 276, 278
Конашинская Е.П. – 216
Кондратович – 17
Кондратьев В.Г. – 257
Кондратьев В.Н. – 252
Кондратьев Е.Е. – 210
Кондратьев Н.Е. – 243
Коников Е.Г. – 229
Конищев В.Н. – 252
Коновалов А.А. – 160, 164
Коновалов Ю.Ф. – 236
Коновалова Н.В. – 46
Кононова Н.К. – 234
Коноплянцев А.А. – 34
Копнин П.В. – 168, 275
Копосов С.Е. – 52
Корейша М.М. – 192, 243
Корженевский Б.И. – 46, 246
Корженевский И.Б. – 35, 244, 246, 248
Коржинский Д.С. – 172, 174
Корнеев И.А. – 216
Корнфельд И. – 130
Коробанова И.Г. – 25, 202, 203, 213, 246
Коробкин В.И. – 26, 46, 216, 217
Коробова О.А. – 250
Королёв В.А. – 9, 12, 25, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 54, 56, 78, 84, 87, 98, 106, 115, 121, 128, 159, 166, 185, 188, 189, 190, 191, 193, 196, 197, 198, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 214, 216, 217, 221, 222, 225, 226, 227, 229, 230, 242, 254, 255, 257, 258, 269, 271, 274, 275, 276, 278
Короткевич Г.В. – 251
Косов Б.Ф. – 35, 46, 244
Коссович П.С. – 207
Костарев В.П. – 251
Костенко В.И. – 251, 252
Костенко Н.П. – 240
Костертон Дж. – 195
Костин П.А. – 251
Костомаров В.М. – 246
Костычев П.А. – 15
Костяков А.Н. – 244
Косыгин Ю.А. – 65, 168, 169, 270, 276
Котельникова Н.Е. – 216
Котлов В.Ф. – 242
Котлов Ф.В. – 26, 28, 33, 34, 39, 46, 69, 88, 89, 90, 112, 113, 114, 180, 233, 240, 246, 248, 264, 276
Котов А.Н. – 192
Котов В.Ю. – 255
Кофф Г.Л. – 33, 34, 38, 39, 46, 242, 257, 258
Кочев А.Д. – 46, 251, 252
Кочетков М.В. – 46
Кошелев А.Г. – 44
Кошкарев А.В. – 46
Кравцова В.И. – 252
Кравченко Т.И. – 250
Кравчинский З.Я. – 278
Краев В.Ф. – 246, 248
Красилова Н.С. – 26, 46, 191, 196, 201, 213, 218, 278
Крестин Б.М. – 234, 246
Криволуцкая Д.А. – 194
Кривоногова Н.Ф. – 196, 277
Кригер Н.И. – 26, 213, 216, 240, 251, 257, 276
Кроник Я.А. – 211
Круглов А.В. – 246
Круковский Г.Л. – 249
Круподеров В.С. – 22, 32, 34, 45, 46, 47, 49, 53, 97, 115, 233, 234, 240, 242, 243, 244, 245, 255, 276, 279
Крутов В.И. – 26, 213, 216, 276
Круть И.В. – 173, 276
Крылов В.Н. – 46
Крюков П.А. – 193, 203
Ксиао Ху – 247
Кубракова В.В. – 46
Куваев Н.Н. – 246
Кудельский А.В. – 39
Кудрявцев В.А. – 33, 39, 180, 252, 269, 276
Кудряшова Е.Б. – 214
Кужель С.В. – 249
Кузнецов М.С. – 244
Кузнецов О.Л. – 276
Кузнецов С.И. – 195
Кузьмин А.В. – 46
Кузьминов М.П. – 246
Кулеев М.Т. – 225
Куликова Е.Ю. – 230
Куличихин Н.И. – 152
Кулон Ш.О. – 11, 12, 13, 217, 218, 220
Кулшоу М.Г. – 54
Кульчицкий Л.И. – 25, 189, 193, 198, 204, 207, 209, 210, 216, 222, 276
Кун Т. – 7, 105, 276
Купалов-Ярополк О.И. – 245
Куражковская Е.А. – 169
Курдюмов В.И. – 15, 16, 17, 68, 78
Курдяков В.С. – 249
Курносов А.Т. – 219
Кусковский В.С. – 243, 246
Кутепов В.М. – 34, 44, 46, 244, 249, 250, 251
Кутергин В.Н. – 26, 213, 222
Кучай В.К. – 46, 245
Кучин М.И. – 21, 22
Кушнарёва Е.С. – 222
Кушнир Л.Г. – 123
Куюнджич Б.Д. – 218
Кэрол Р. – 225
Кюнтцель В.В. – 47, 240, 246, 247, 253

Л

Лавров А.В. – 215
Лаврова Н.В. – 251
Лаврусевич А.А. – 43, 49, 52, 53, 216, 257, 277
Лагеман Р. – 227
Ладыгин В.М. – 26, 43, 196, 201, 213, 218
Лайель Ч. – 8
Лангер М. – 32
Ландау Л.Д. – 198
Лапердин В.К. – 255
Лапицкий С.А. – 209
Лаплас П.-С. – 12, 207
Лаптев Ф.Ф. – 22
Ларионов А.Д. – 245
Ларионов А.К. – 24, 26, 33, 39, 180, 193, 195, 198, 201, 213, 216, 276
Ларионов В.И. – 236, 257
Ларионов Г.А. – 244
Ларионова Н.А. – 225, 226
Ларченков Е.П. – 276

Лаудан Л. – 7
Лачинов Д. – 14
Лебедев А.Ф. – 189, 192, 193, 210
Лебеденко Ю.П. – 26, 213
Леваднюк А.Т. – 246
Левинсон-Лессинг Ф.Ю. – 15
Левицкий Е.В. – 246
Лейбман М.О. – 246
Лейбниц – 7, 137, 138, 140
Ленин В.И. – 7, 132
Леонардо да Винчи – 169
Леоненко М.В. – 251
Леонов Г.П. – 174
Леонтьев О.К. – 242, 243
Летунов П.А. – 207
Лехатинов А.М. – 234, 246, 253, 254, 276
Ле-Шателье А. – 255
Лидов В.П. – 244
Линней К. – 144
Линовский С.В. – 51, 52
Лисюк М.Б. – 107
Литвин В.М. – 251
Литвин Л.Ф. – 240, 244, 252
Литвинов И.И. – 225
Лиходеева О.Г. – 144
Личков Б.Л. – 11
Лиштван И.И. – 210
Лоенко А.А. – 246
Локк Д. – 141
Ломизе Б.М. – 246
Ломизе Г.М. – 208
Ломоносов М.В. – 9,12
Ломтадзе В.Д. – 21, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 37, 42, 53, 64, 68, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 87, 88, 89, 90, 92, 110, 113, 116, 147, 152, 176, 179, 180, 184, 185, 189, 191, 200, 210, 213, 214, 217, 218, 228, 229, 240, 241, 242, 244, 246, 248, 251, 264, 266, 267, 276
Лонгинов В.В. – 32, 242
Лосев А.Ф. – 7
Лосева С.Н. – 211
Лукин В.С. – 251
Лукина В.С. – 204, 207
Лукьянова С.А. – 242, 243
Лурье А.М. – 169
Лыков К.Г. – 215
Лыкошин А.Г. – 34, 251
Лысенко М.П. – 26, 216, 276
Лэмб Т.У. – 28, 196, 198, 214, 222
Лэнгмюр И. – 205
Лэпуорт Д. – 18
Любимов Б.П. – 35, 46, 244

М

Мавлянов Г.А. – 26, 32, 34, 39, 215, 216
Мавлянов Э.В. – 216, 268, 269, 271
Мавлянова Н.Г. – 49, 258
Мазаник В.Н. – 201, 218
Макаренко Ф.А. – 244
Макаров Б.Н. – 194
Макаров В.И. – 47, 236
Макаров В.Н. – 218
Макаров В.П. – 169, 170, 190, 197, 241
Макдональд Д.Ф. – 14
Макеев В.М. – 236
Макеев З.А. – 246
Макеева Е.Д. – 276
Макеева Т.Г. – 225
Маккавеев А.А. – 93
Маккавеев З.А. – 251
Маккавеев Н.И. – 35, 240, 245, 252
Маккей Дж. – 192
Маклачлин У. – 19
Маклашин А.В. – 41
Маковецкий О.А. – 245
Максимов М.М. – 246, 251
Максимов С.Н. – 34, 246, 249, 250
Максимович Г.А. – 32, 34, 240, 251, 276
Максимяк Р.В. – 221, 222
Малахов В.Е. – 251
Малышев Н.А. – 31
Мальнёва И.В. – 46, 234
Мамаев Ю.А. – 46, 274
Мамардашвили М.К. – 7
Мамонова Т.В. – 251
Мангушев Р.А. – 52
Манзырев Д.В. – 46
Манкони А. – 256
Маргезин Р. – 223
Маринов Н.А. – 35, 36
Маринос П.Г. – 34, 47, 49
Мариотт Э. – 217
Маркарьян В.В. – 246, 269, 271
Маркова М.А. – 251
Маркс К. – 137, 148, 149, 276
Мартемьянов В.И. – 246
Маслов Н.Н. – 22, 25, 34, 41, 64, 78, 147, 180, 210, 213, 217, 218, 221, 240, 246, 247, 248, 276
Матвеев В.С. – 246
Матвеев Н.П. – 244, 252
Матвеев Ю.Д. – 245, 246
Маттсон С. – 193
Матула М. – 201, 218, 229, 274
Мах Э. – 7, 10, 100, 102, 132, 170, 171, 174
Махорин А.А. – 34, 47, 235, 246
Махотин Г. – 12
Маций С.И. – 43, 49
Медведев О.П. – 210, 212
Медведев С.В. – 33, 35, 39, 236, 276
Меллер В.И. – 17
Мельников Е.С. – 35, 46, 269
Мельников Н.Н. – 258
Мельников П.И. – 252
Мельников П.Ф. – 35, 189, 199, 211
Мельникова К.П. – 276
Менделеев Д.И. – 140, 147
Менц В. – 34
Месчян С.Р. – 25, 27, 213, 214, 217, 221
Мизес Р.Э. фон – 217
Микашинович Р.Р. – 217
Микляев П.С. – 194, 210
Миланович П.Т. – 257
Миленкович С. – 256
Миллер – 15
Милль Дж.С. – 7, 132, 137, 141
Минервин А.В. – 26, 159, 160, 162, 163, 164, 213, 216, 230, 276
Минервина Е.Е. – 246, 247, 248
Минков М. – 253
Мирзоев В.К. – 238
Мироненко В.А. – 47, 76, 77, 240
Миронов Н.А. – 93
Мирсаяпов И.Т. – 51, 52
Мирцхулава Ц.Е. – 244, 276
Митчелл Дж.К. – 28, 198, 208, 217, 220, 221, 225
Митчерлих Э.А. – 193
Михалёв В.В. – 41
Мичурин Б.М. – 208

Мишустин Е.Н. – 194
Могилевская С.Е. – 218
Можаева В.Г. – 248
Мокрицкая Т.П. – 46, 216
Молдобеков Б.Д. – 247
Молодых И.И. – 34, 46, 246
Молоков Л.А. – 246, 276
Монюшко А.М. – 34, 112, 209
Мор Х.О. – 12, 217, 218
Моргерштерн Н.Р. – 27, 28
Мороз С.А. – 154, 169, 276
Морозов С.С. – 21, 25, 28, 110, 191, 196, 199, 200, 206, 208, 225, 232, 276
Мотенко Р.Г. – 211
Мохначёв М.П. – 222, 276
Муллер В.М. – 193
Мустафакулов Т. – 245
Мушкетов Д.И. – 17, 21
Мушкетов И.В. – 16, 17
Мышенков Д.К. – 15
Мюллер Л. – 34, 201, 240, 250, 276
Мюнц А. – 207
Мясоедова Н.Л. – 251

Н

Надёжина Е.Д. – 166
Надсон Г.А. – 105, 189, 194
Назаревич А.В. – 236
Найдин Д.Р. – 175
Налимов В.В. – 134
Науменко-Бондаренко И.И. – 238
Науменко-Бондаренко О.И. – 238
Невечеря В.Л. – 35, 252
Невзоров А.Л. – 52
Неелов Д.Д. – 15, 78
Неймарк А.А. – 278
Нейштадт Л.И. – 29, 196
Некрасова И.В. – 245
Некрасова М.А. – 227
Непорожний П.С. – 245
Нер К. – 134
Нерпин С.В. – 206, 208, 210, 211, 212
Нерсесова З.А. – 193
Несмеянов С.А. – 49
Нигметов Г.М. – 236
Нижников С.А. – 103, 277
Никашина В.А. – 206
Никитенко Ф.А. – 26
Никитин В.Н. – 213
Никитин С.Н. – 246
Николаев А.В. – 236
Николаев В.Н. – 17
Николаев Н.И. – 233, 234, 236, 238, 264, 269
Николаева С.К. – 28
Николенко Ю.И. – 196
Никольская И.И. – 244
Никольский Б.П. – 206
Никонов М.Н. – 245
Никонорова И.В. – 242
Нилл Дж.Л. – 159, 167
Нифантов А.П. – 21, 23
Ниязов Д.Б. – 236
Ниязов Р.А. – 34, 46, 216, 236, 240, 246
Новик Г.Я. – 202, 210, 211, 218
Новиков А.С. – 277
Новикова А.В. – 239
Новожилов В.Н. – 46
Норова Л.П. – 228, 229
Носков И.В. – 51
Ньютон И. – 12, 141, 143, 221

О

Обручев В.А. – 15, 252
Овербек Я. – 198
Оводов К.С. – 247
Овчаренко Ф.Д. – 25, 193, 204
Овчинников Г.И. – 243
Огильви А.А. – 39
Огородникова Е.Н. – 28, 225
Огородов С.А. – 252
Одинцов М.М. – 38, 41
Окнина Н.А. – 112, 213
Оливейра Р. – 34, 54
Ольховатенко В.Е. – 43, 46, 49, 51, 52, 201, 218, 257
Олянский Ю.И. – 209, 216
Омельченко Е.В. – 219
Орлов В.О. – 35
Орлов С.С. – 246
Орнатский Н.В. – 25, 28, 214
Осипов В.И. – 24, 25, 33, 39, 42, 43, 44, 46, 47, 49, 52, 53, 54, 56, 112, 123, 159, 191, 193, 196, 198, 199, 201, 209, 213, 217, 220, 222, 229, 230, 239, 240, 244, 257, 267, 274, 277
Осипов Ю.Б. – 210, 212
Осипова М.А. – 216
Осипова Н.Г. – 58, 59, 66, 91, 101, 121, 154, 155, 171, 275
Осокин В.В. – 196
Островский А.Б. – 46, 246
Островский В.Н. – 46
Островский Л.А. – 46
Оттосен Л.М. – 227
Охотин В.В. – 20, 21, 43, 68, 110, 196, 199, 206, 209, 225

П

Павилонский В.М. – 210
Павлов А.В. – 35, 46, 89, 211
Павлов А.П. – 15, 16
Павлов Л.В. – 16
Павлов О.В. – 236
Павлова Т.В. – 166
Паллас П.С. – 12
Пальшин Г.Б. – 38, 246
Панасьян Л.Л. – 221, 243
Панин Г.Н. – 166
Пантелеев И.Я. – 39
Панюков П.Н. – 22, 26, 28, 33, 34, 78, 79, 89, 180, 246, 277
Парабучев И.А. – 34, 37, 39, 46, 49, 277
Паракшина Э.М. – 244
Парецкая М.Н. – 246
Паушкин Г.А. – 34, 41, 46
Пахомов С.И. – 34, 112
Пашкин Е.М. – 34, 46, 49, 54, 140, 142, 144, 177, 178, 214, 218, 221, 235, 250, 255, 257, 277
Певзнер М.М. – 46
Пек Р.Б. – 19, 27, 28, 33, 34
Пендин В.В. – 34, 40, 42, 46, 49, 50, 52, 70, 71, 88, 90, 93, 94, 97, 116, 126, 127, 139, 140, 147, 148, 179, 242, 254, 256, 268, 269, 270, 271, 274, 277
Пенза Р. – 416
Пеннинг У.Г. – 13, 15

Перегудов Ф.И. – 152, 277
Передельский Л.В. – 204, 209
Перетокин С.А. – 236
Перковский Л.Л. – 247
Перлова Е.В. – 194
Перльштейн Г.З. – 211
Перов В.Ф. – 46, 245
Перрен Ж.-Б. – 205
Петелин В.П. – 196, 199
Петерсон – 247
Пётр I – 11
Петров В.А. – 213, 221
Петров Г.Н. – 245
Петров М.П. – 252
Петров Н.Ф. – 246, 248
Петрова-Ясюнас Л.П. – 246, 247
Петровский Ф.А. – 11
Петрухина И.А. – 246, 248
Петухов И.М. – 250
Печеркин И.А. – 29, 32, 33, 34, 39, 41, 240, 243, 246, 251, 252
Пивняк Г.Г. – 226
Пиннекер Е.В. – 39
Пирумова Л.Г. – 195
Писаренко В.Ф. – 158, 277
Плакетт Р. – 134
Платов Н.А. – 111, 277
Платон – 7
Погребов Н.Ф. – 17, 18, 21, 22, 23, 246
Подгорная Т.И. – 49
Поздняков А.И. – 210, 211
Познанин В.Л. – 90, 244
Ползунов И.И. – 51
Поллион М.В. – 11
Полтев Н.Ф. – 26, 35
Полынов Б.Б. – 68
Польшин Д.Е. – 210, 222
Поляни М. – 205
Поморцев О.А. – 52
Пономаренко Ю.Е. – 52
Попов А.И. – 35, 192, 252
Попов И.В. – 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 42, 64, 65, 68, 71, 87, 89, 90, 92, 94, 106, 110, 145, 152, 176, 180, 188, 189, 191, 196, 212, 213, 214, 233, 234, 235, 239, 240, 242, 244, 245, 246, 251, 253, 260, 261, 262, 263, 264, 267, 268, 269, 277
Попов М.Г. – 236
Попов Ю.А. – 211
Попова О.Г. – 236
Поппер К.Р. – 7, 101, 105, 128, 133, 141, 154, 277
Постоев Г.П. – 34, 46, 47, 49, 240, 241, 246, 247, 248, 253, 254, 257, 277
Потапов А.Д. – 26, 41, 46, 76, 257, 267, 274, 277
Потоцкий В.В. – 196, 208, 212, 215, 219, 226, 238, 249, 276
Потураев В.Н. – 219
Прайс Д.Дж. – 159, 167
Преснухин В.И. – 46, 246, 249
Приклонский В.А. – 21, 22, 23, 24, 25, 28, 78, 79, 112, 152, 193, 219, 214, 218, 228,
Притула В.А. – 204
Притула В.В. – 204
Прокопов А.Ю. – 52, 53
Протодьяконов М.М. – 134, 135
Прохоров Н.И. – 21
Прохучан Д.П. – 246
Пуассон С. – 12, 250
Пустовалов Л.В. – 197
Пустыльник С.И. – 246
Путикова М.О. – 246
Пущаровский Д.Ю. –
Пчелинцев В.Ф. – 21,22,23
Пшеничников К.Г. – 34, 46
Пырченко В.А. – 46
Пышкин Б.А. – 243

Р

Рагозин А.Л. – 34, 46, 240, 242, 243, 254, 257, 274, 277
Радаев Н.Н. – 257, 274
Радина В.В. – 189, 195
Радковец И.Ф. – 220
Радугин А.А. – 128, 132, 138, 277
Радугина О.А. – 132, 138, 277
Разорёнов В.Ф. – 214
Разумов В.К. – 218
Разумов С.О. – 252
Разумовский О.С. – 9, 59, 173, 277
Ранкин У.Д. – 12, 13
Рао Р. – 134
Растоги Б.К. – 238
Расулов Х.З. – 222, 236
Ратиев А.Я. – 245
Раутиан А.С. – 255, 277
Раутиан А.Ю. – 277
Раутиан Т.Г. – 236, 239
Рахарджо Х. – 256
Рахматуллаев Х.Л. – 216
Рац В.М. – 26, 34, 36, 54, 56, 57, 185, 186, 187, 240, 277
Ребиндер П.А. – 198, 207, 209
Ревзон А.Л. – 34, 46, 242, 245, 246
Редди К.Р. – 208, 225, 227
Редлих К.А. – 19
Резанов И.А. – 169
Рейнольдс О. – 13
Рельтов Б.Ф. – 25, 208
Ремптон В.Н. – 192
Ремсон И. – 242
Ренгартен В.П. – 17
Ренгерс Н. – 47, 48
Рендулик – 219
Речицкий В.И. – 46
Ржаницын Б.А. – 28, 208, 225, 277
Ржевский В.В. – 33, 215, 218
Рзаева М.К. – 246
Ривес Х.Дж. –
Ривкин Ф.М. – 269, 271
Рикитаке Т. – 237
Рис Г. – 19
Ристич А. – 256
Рогаткина К.Е. – 209
Рогов В.В. – 252
Рогожин Е.А. – 236
Рогозин И.С. – 34, 240, 244, 246
Роде А.А. – 192
Родионов Н.В. – 34, 247, 251
Рожков А.Г. – 35, 244
Рожков В. – 15
Розанов А.Ю. – 17, 277
Розанов Н. – 17
Розенквист И.Т. – 28, 196, 198
Розов М.А. – 105
Розовский Л.Б. – 33, 34, 39, 54, 56, 64, 106, 144, 179, 210, 233, 235, 240, 243, 246, 253, 277
Ройтер Ф. – 251
Роман Л.Т. – 26, 144, 213, 221
Романова Е.А. – 245
Романовский Н.Н. – 35, 252, 269
Роот Э.И. – 34
Роте Дж. – 238
Рудько Г.И. – 46, 240, 246, 251

Румынин В.Г. – 49
Румянцева Н.А. – 277
Рухин Л.Б. – 199
Рычагов Г.И. – 242
Рябоштан Ю.С. – 46
Рябухин А.Г. – 169, 278
Рященко Т.Г. – 49, 216

С

Сабанин А.Н. – 17,18
Саваренский И.А. – 46, 251
Саваренский Ф.П. – 21, 22, 23, 24, 64, 68, 152, 178, 246, 247, 251, 277
Савельев Б.А. – 26, 193, 203
Савич А.И. – 26, 34, 39, 46, 49
Садов А.В. – 39, 246
Садовничий В.А. – 53
Садовский М.А. – 158, 236, 237, 238, 277
Сайкин Г.П. – 194
Саломатин В.Н. – 246
Салохин В.И. – 208
Самарин Е.Н. – 203, 204, 225, 226
Самойлов – 15
Самохвалов М.П. – 246
Самохвалова М.П. – 243
Сантозо В.А. – 256
Сафьянов Г.А. – 32, 242
Сахарова Е.И. – 252
Свалова В.Б. – 256
Свальнов В.Н. – 199
Свертилов А.А. – 16, 20
Световаров И.М. – 248
Сдвижкова Е.А. – 249
Севостьянов В.В. – 39, 236
Секо э Пинто П. – 49, 107
Секст Эмпирик – 132
Селиверстов А.Н. – 41
Селюков Е.И. – 46, 246
Семёнов М.П. – 22,23,24
Сёмкин Н.М. – 249
Сен-Венан Б. де – 217, 250
Сенкевич Б.Н. – 252
Серафим Х.Л. – 246
Сергеев В.И. – 28, 49, 207, 225, 226
Сергеев Е.М. – 12, 14, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 47, 53, 54, 55, 56, 64, 66, 67, 68, 69, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 87, 89, 90, 92, 93, 105, 106, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 152, 159, 160, 163, 165, 176, 178, 179, 180, 184, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 198, 199, 200, 201, 206, 210, 213, 214, 216, 230, 232, 240, 244, 245, 252, 260, 263, 264, 266, 268, 269, 274, 275, 276, 277, 278
Сергеева Н.С. – 246
Середин В.В. – 41, 52, 269
Серова И.Б. – 206
Серый А.В. – 236
Сибирцев Н.М. – 15
Сивитски Дж. – 199
Сид Г.Б. – 222
Сидоренко А.В. – 30, 252
Сидоров И.В. – 257
Силенко А.В. – 21, 22
Симеонова Г.А. – 242, 243
Синягин Г.П. – 21
Синяков В.Н. – 269
Сироткин В.Г. – 274
Ситар К.А. – 227
Сквалецкий Е.Н. – 216, 246
Скворцов Г.Г. – 34, 39, 218, 251
Скворцов Н.П. – 210
Скрынников К.Н. – 245
Скэмптон Э.У. – 19, 20, 27, 28, 29, 214, 220, 221, 222
Славянов В.Н. – 210, 246, 252
Славянов Н.Н. – 21, 23, 34
Слепцов Б.Г. – 54, 56, 57, 277
Слинко О.В. – 46, 245
Смагина Т.А. – 242, 243
Смарт П. – 198
Смирнов А.И. – 244
Смирнов В.Б. – 238
Смирнов Д.В. – 247
Смирнов И.П. – 31
Смирнов Ю.П. – 248
Смит У. – 11, 13
Смольянинов К.М. – 12
Смолянинов В.М. – 244
Смыслов А.А. – 210, 212
Снежкин Б.А. – 278
Соболев С.С. – 35, 244, 245
Сога К. – 220
Соколов В.А. – 194
Соколов В.Н. – 25, 43, 44, 49, 112, 159, 189, 191, 196, 198, 199, 201, 213, 217, 229, 230, 277
Соколов Д.С. – 32, 34, 240, 251
Соколович В.Е. – 28, 225
Соколовский Д.Л. – 245
Сокольников Ю.Н. – 34, 240
Соловьев В.А. – 174
Соловьёв Ю.И. – 247
Солоненко В.П. – 34, 39, 236, 269
Сорохтин О.Г. – 165
Сорочан Е.А. – 209, 225
Сорсби Р.Ф. – 18
Сотников С.Н. – 41, 43
Спенсер Г. – 132
Спиноза Б. – 140
Спиридонов Д.А. – 84, 260, 263, 264, 266, 278
Спозито П.-Г. – 203, 206
Ставрогин Д.Н. – 218
Старостин Е.Г. – 193
Стено Н. – 8
Степанов М.И. – 46
Стешенко Д.М. – 112, 216
Стокс Д.Г. – 199, 200
Стопневич А.Д. – 17, 22
Страхов В.А. – 22
Страхов Н.М. – 173, 174, 188, 228
Строганов А.С. – 34
Строкова Л.А. – 52
Стром А.Л. – 236
Сударев А.П. – 46
Судницын И.И. – 208
Сулакшина Г.А. – 216
Сулейменов К.А. – 244, 245
Султанов А.Д. – 169, 278
Сумароков П.И. – 12
Сумгин М.И. – 21, 22, 252
Сумм Б.Д. – 207
Сущев С.П. – 236
Сывороткин В.Л. – 194
Сычев К.И. – 39

Т

Тажибаев К.Т. – 215
Талуани П. – 238
Танкаева Л.К. – 25
Тарасевич Ю.И. – 193, 204, 206
Тарасенко Ф.П. – 126, 152, 277
Тарасов Б.Г. – 208
Тарасова Г.И. – 246
Тарасова Т.Н. – 105
Татур В.Ю. – 212
Таубнер Х. – 199
Ташлыкова Т.А. – 238
Тедер Р.И. – 134, 135
Тейлор Д.У. – 28, 246, 247
Тейяр де Шарден П. – 56, 278
Терентьева Л.П. – 210
Терешкова Н.Ю. – 275
Тер-Мартиросян З.Г. – 51, 222, 246
Тер-Степанян Г.И. – 33, 34, 35, 180, 221, 236, 240, 246, 248, 278
Терцаги К. – 19, 27, 28, 34, 188, 198, 213, 217, 219, 220, 222, 240, 246, 247
Тетельман В.В. – 238
Тиздель Р.Р. – 26, 31
Тикунов В.С. – 46
Тимофеев Д.А. – 46, 47, 251
Тимофеев С.В. – 34, 46, 246, 249, 257
Тимофеева Т.А. – 246
Титаева Н.А. – 210
Титов В.К. – 194
Титова В.И. – 223
Тихвинский И.О. – 46, 243, 246
Тихонов Н.А. – 206
Ткач В.Н. – 246
Ткачук Э.И. – 147, 216, 229
Товей К. – 198
Токарев П.И. – 236, 239
Толмачев В.В. – 251, 266
Толстихин Н.И. – 21, 22
Толстых Е.А. – 244
Томас Г. – 206
Томирдиаро С.В. – 35
Топчиян Т.Е. – 246
Торгоев И. – 256
Травкин И.А. – 251
Трапезникова О.Н. – 245
Трепетцов Е.В. – 34, 35, 244, 246
Тржцинский Ю.Б. – 30, 37, 46, 87, 240, 243, 246, 265, 275
Трифонов Т.Ф. – 169
Трофимов В.Т. – 9, 24, 25, 26, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 60, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 84, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 106, 109, 111, 112, 115, 116, 117, 121, 122, 124, 145, 146, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 177, 178, 180, 184, 189, 191, 192, 199, 200, 202, 206, 210, 213, 216, 217, 227, 228, 230, 231, 232, 234, 240, 242, 244, 252, 254, 255, 258, 260, 261, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 278
Трофимук А.А. – 174
Труфманова Е.П. – 194
Тсубои Ч. – 236, 237
Тулуб С.Б. – 249
Тумской В.Е. – 252
Турманина В.И. – 246
Туровская А.Я. – 246, 248
Турчанинов И.А. – 218, 240, 250
Тутковский П.А. – 17
Тюнина Н.В. – 144
Тюрин А.И. – 35, 252

У

Улицкий В.М. – 107
Уломов В.И. – 46, 236, 238
Уляшинский В.А. – 238
Уолтерс Р. – 32
Уотсон Т. – 19
Урманцев Ю.А. – 60, 278
Урсул А.Д. – 56, 278
Урьев Н.Б. – 198
Усманов Ф.А. – 144
Усов П. – 15, 78
Устюгов Д.Л. – 51
Усупаев Ш.Э. – 216
Усьяров О.Г. – 198
Ухов С.Б. – 40, 41
Ушаков С.А. – 165

Ф

Фадеев П.И. – 26, 79, 80, 92, 199, 232, 260, 263
Файнциммер В.М. – 23
Фарфаронов В.М. – 215
Федодеев В.И. – 148
Федоренко В.С. – 32, 34, 240, 244, 246, 247, 264, 278
Фёдоров В.В. – 134
Фёдоров И.В. – 246
Фёдоров М.В. – 194
Фёдорова С.И. – 242
Фёдорович Б.А. – 240
Фейнман Р. – 147
Феллениус В. – 20
Феофилактов К.М. – 17
Фервей Э. – 198
Фёрстер В. – 274
Фигуровский Н.А. – 199, 200
Фик А. – 207
Филатов М.М. – 20, 21, 23, 66, 68, 78, 79, 110, 188, 189, 191, 192, 196, 212, 213, 214, 222, 225, 260, 263
Филиппова Т.Г. – 211
Финни Д. – 134
Фирсов Н.Г. – 80, 92, 252, 260, 263
Фисенко Г.Л. – 246
Фишер Р. – 134
Флейшман С.М. – 31, 33, 34, 39, 41, 240, 245, 278
Флоренский К.П. – 210, 211
Флорин В.А. – 25, 222
Фоменко И.К. – 246
Фонтар Ж. – 18
Франк Р. – 49, 50
Фролов А.Д. – 26, 210, 211
Фролов В.М. – 39
Фролов В.Т. – 7, 8, 126, 169, 170, 171, 174, 175
Фролов Н.М. – 46
Фролова Н.И. – 236
Фролова Ю.В. – 26, 43, 196, 201, 218
Фрумкин А.Н. – 207
Фуджино К. – 192
Фукуока М. – 27
Фурманов Г.Л. – 169

Х

Хазанов М.И. – 69, 278
Хазин В.И. – 246, 257
Хайме Н.М. – 46, 147
Хаин В.Е. – 10, 56, 59, 105, 121, 165, 166, 169, 173, 261, 278
Халимендик Ю.М. – 215, 219
Халугин Е.И. – 46
Хамраев Б. – 245
Хансен Х. – 227
Харламова И.В. – 234
Архута Н.Н. – 221
Хархута Н.Я. – 209
Харченко В.М. – 216
Харькина М.А. – 46
Хасанов А.С. – 39
Хатчинсон Дж. – 245, 252
Хегай А.Ю. – 33
Хенкель Б. – 30
Херхеулидзе И.И. – 34, 245
Хлебникова Г.М. – 105, 195
Холмянский М.А. – 49
Холодилин Н.С. – 242, 243
Хольмсен Г. – 192
Хоменко В.П. – 46, 49, 240, 251, 252, 278
Хорган Дж. – 7
Хоситашвили Г.Р. – 246
Хрусталёв Л.Н. – 35, 49, 252, 253, 278
Худайбергенов А.М. – 216
Хуртин А.Н. – 216
Хэмрол А. – 246

Ц

Царёв П.В. – 26, 34, 147, 216, 246
Царёва А.М. – 246
Цветков В.Я. – 46
Церетели Д.Д. – 34
Церетели Э.Д. – 34, 246
Цыкин Р.А. – 251
Цытович Н.А. – 26, 40, 41, 42, 214, 217, 221, 222

Ч

Чалов Р.С. – 34, 35, 46, 47, 244, 245, 252
Чан Мань Льеу – 245, 254, 255, 256, 274, 278
Чандонг Чанг – 236
Чаповский Е.Г. – 42
Чарноцкий С.И. – 246
Чарыкова С.А. – 207
Чеботарёв А.И. – 245
Чеботарёв Н.П. – 34
Чеверёв В.Г. – 26, 210, 211, 213
Челищев Н.Ф. – 206
Чепмен Д. – 205
Череменский Г.А. – 211
Черепанцев А.С. – 238
Черкасов И.И. – 27, 34, 119
Черкез Е.А. – 246, 275
Чернов В.А. – 207
Чернов Г.Н. – 246
Чернышов С.Н. – 26, 218
Чернышов Ф.Н. – 17
Черняк Э.Р. – 59, 96
Чеснокова И.В. – 46, 257, 270
Чижов А.Б. – 35
Чикишев А.Г. – 251
Чилингар Г. – 214
Чистов С.В. – 242
Чистотинов Л.В. – 240, 252
Чохонелидзе Г.И. – 226
Чувилин Е.Н. – 192
Чугаев Р.В. – 246, 247
Чудновский А.Ф. – 210, 211, 212
Чумаченко А.Н. – 216
Чупрунов Г.Д. – 225
Чураев Н.В. – 193
Чуринов М.В. – 29, 33, 34, 36, 39, 115, 117, 180, 244, 246, 269, 279
Чхеидзе Л.Д. – 144

Ш

Шабл – 248
Шаврыгин П.И. – 210
Шадмон А. – 33
Шадунц К.Ш. – 49, 246, 248
Шаевич Я.Е. – 26, 216
Шантукова Д.А. – 249
Шарапов И.П. – 8, 59, 66, 126, 140, 168, 169, 171, 172, 174, 175, 176, 234, 279
Шаров В.С. – 209
Шатохина Л.Н. – 246
Шаумян Л.В. – 26, 34, 213, 214, 218, 250, 274
Шахин В.М. – 242
Шахунянц Г.М. – 34, 246, 247
Шашенко А.Н. – 249
Шашкин А.Г. – 43, 49
Шварев В.В. – 119
Шведов – 221
Швец В.Б. – 246
Швец В.М. – 39, 49, 240, 245
Швецов Г.И. – 49
Швецов П.Ф. – 26, 35
Шебалин Н.В. – 237
Шевченко А.А. – 219
Шевченко М.И. – 247
Шези А. – 211
Шейдеггер А.Е. – 34, 240
Шеин Е.В. – 199, 200
Шеко А.И. – 28, 31, 33, 34, 35, 46, 47, 54, 78, 90, 97, 124, 212, 231, 234, 240, 244, 245, 246, 252, 253, 254, 255, 269, 271, 279
Шемякин Е.И. – 39
Шерматов М.Ш. – 216
Шерстнев В.А. – 41
Шестаков В.М. – 76, 77
Шестернёв Д.М. – 252
Шестопалов В.М. – 39
Шеф Х.-Ю. – 274
Шехтер О.Я. – 26, 213, 222
Шешеня Н.Л. – 46, 49, 97, 176, 216, 240, 242, 243, 253, 257, 262, 279
Шешин Ю.Б. – 252
Шешукова В.С. – 195
Шибакова В.С. – 39, 279
Шидловская А.В. – 195, 224
Шинг В. – 47
Ширямов В.А. – 243
Шкуратник В.Л. – 215
Шлыков В.Г. – 189, 191, 210

Шмиголь А.В. – 219
Шмидт Г. – 120
Шойгу С.К. – 47, 244
Шопенгауэр – 147
Шошин А. – 207
Шрейнер Л.А. – 213
Штейнберг В.В. – 33, 39
Штерн О. – 205
Штин Э.А. – 194
Штукенбург В. – 17
Штукерберг А. – 16
Шувалов В.М. – 41
Шуйский Ю.Д. – 46, 242, 243
Шукле Л. – 221, 222
Шумский П.А. – 26
Шустер Р.Л. – 34, 240
Шушерина Е.П. – 26
Шэннон К.Э. – 126

Щ

Щербак Г.Г. – 44
Щербаков С.В. – 251
Щур Ю.Л. – 240, 252

Э

Эйнштейн А. – 7
Экзарьян В.Н. – 46, 49, 243
Эккель – 248
Энгельс Ф. – 7, 100, 137, 148, 149, 279

Ю

Юганова Т.Н. – 240, 245
Юм Д. – 7, 132, 141
Юнг Т. – 207, 214

Я

Язынина И.В. – 193
Яковлев С.А. – 15
Якубов Д.Х. – 216
Якушев В.С. – 192
Яминский В.В. – 198
Ямщиков В.С. – 215
Ярг Л.А. – 12, 15, 17, 21, 22, 23, 24, 42, 52, 53, 54, 57, 60, 65, 66, 67, 70, 71, 88, 90, 94, 97, 116, 131, 177, 181, 182, 184, 224, 233, 239, 240, 242, 246, 254, 256, 261, 266, 267, 271, 274, 275
Яропольский И.В. – 210
Ясманов – 166
Ясюнас Л.П. – 246, 247
Ячевский Л.А. – 17
Яшин А.А. – 56, 279