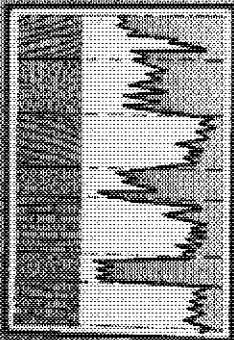
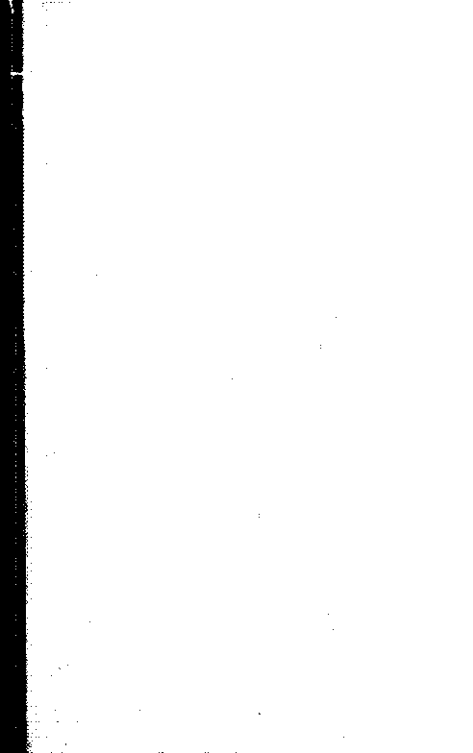


ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИЗЫСКАНИЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО
И ГРАЖДАНСКОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА





М. А. СОЛОДУХИН

№393

ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИЗЫСКАНИЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО
И ГРАЖДАНСКОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА



МОСКВА. «НЕДРА» 1975

Солодухин М. А. Инженерно-геологические изыскания для промышленного и гражданского строительства. М.: «Недра», 1975, 335 с.

В работе обобщен опыт инженерно-геологических изысканий для промышленного и гражданского строительства. Рассмотрены состав и стадии инженерно-геологических работ, основные методы исследований, а также особенности методики инженерно-геологических работ для различных видов строительства.

Книга предназначена для широкого круга специалистов, занимающихся инженерно-геологическими изысканиями.

Таблиц 90, иллюстраций 24, список литературы — 77 названий.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Грядущие планы промышленного и гражданского строительства в СССР предъявляют постоянно растущие требования к росту объемов и качества инженерно-геологических исследований.

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану предусматривается повышение затрат на капитальное строительство на 36—40%. Успешное осуществление строительства сооружений, рассчитанных на длительную и безаварийную эксплуатацию, выбор экономически обоснованных оптимальных типов и размеров фундаментов во многом зависят от детальности изучения инженерно-геологических условий строительства.

Проектированию любого сооружения предшествует проведение инженерно-геологических работ различной детальности, зависящей от сложности проектируемого сооружения, стадии проектирования, природных условий и ряда других факторов.

В Советском Союзе инженерно-геологические работы проводятся организациями Министерства геологии СССР, отделами высших проектных институтов различных министерств и ведомств и специализированными организациями: трестами и институтами изысканий Гострострой республик, которые выполняют основной объем инженерно-геологических исследований для проектирования промышленного и гражданского строительства. Ежегодно выполняется объем плановых работ на сумму более 300 млн. руб. На изысканиях заняты более 120 тыс. человек в 1400 организациях различных министерств и ведомств.

Только трестами инженерно-строительных изысканий Гострострой РСФСР ежегодно выполняется объем инженерно-геологических работ на сумму более 32 млн. руб., производится более 1,2 млн. пог. м горюбурных выработок.

Постоянно растет оснащенность инженерно-геологических работ новой техникой и приборами, совершенствуется методика исследований. Все шире применяются опытные и геофизические исследования, прогрессивные методы бурения, новейшие лабораторные приборы.

Трудами отечественных ученых созданы многочисленные учебники, монографии и отдельные труды по различным разделам

инженерной геологии, которые с успехом используются при проведении изыскательских работ.

Несомненно инженерно-геологические исследования для промышленного и гражданского строительства рассматривались в отечественных работах и трудах Н. В. Попова (1939 г.), Н. П. Мяслова (1938 г.), Н. В. Коломенского и И. С. Комарова (1964 г.), М. В. Саденко (1969 г.) и др. Проблемы, связанные с инженерно-геологическими исследованиями для проектирования горных сооружений, рассмотрены Н. Н. Паюковым (1962 г.). Широко используются обобщения по инженерной геологии под общей редакцией М. П. Чурбанова (1968 г.), обобщения материалов монографии по новым методам Г. А. Колларина, И. С. Комарова и В. И. Феррико (1967 г.). Методические вопросы изучения состава и свойств пород изложены в работах И. М. Горюнов, А. Н. Ларионова, В. Д. Ломтадзе, Е. М. Сергеева и др. Специально методики инженерно-геологических работ охватывает работа И. В. Колмаченко (1968 г., 1969 г.). Многие вопросы, связанные с организацией производства инженерно-геологических работ, рассмотрены С. Н. Абрамовым, П. М. Ребрином и др. Опыт инженерно-геологических изысканий для строительства гидротехнических сооружений обобщен группой авторов в монографии под общей редакцией Н. С. Карпычева (1972 г.).

Невозможно было кратко перечислить многочисленные работы по грунтоведению и механике грунтов, которые в той или иной степени связаны со методикой проведения инженерно-геологических исследований.

Однако следует отметить, что существующая литература по инженерной геологии либо рассматривает очень широкий круг вопросов, либо посвящена отдельным узким проблемам. В настоящее время сам термин инженерная геология включает самые разнообразные вопросы, связанные с инженерно-геологическими процессами и явлениями, изучением состава и свойств пород и др.

В настоящее время делается попытка объединить методику инженерно-геологических исследований только для промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства в условиях односторонней точки зрения СССР. Производство инженерно-геологических изысканий для промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства проводится в соответствии с действующими нормативными документами. Различительность и противоречие отдельных требований нормативных документов вызывает немалые трудности, целый ряд требований не достаточно обоснован и не полностью учитывает новейшие достижения отечественной и зарубежной науки.

В основу книги положен опыт, накопленный рядом крупных исследовательских организаций и в первую очередь Ленинградским центром инженерно-строительных изысканий (ЦСИИСтр) (ЛенТИСИЗ).

Фактическим материалом данной работы являются инженерно-геологические исследования по крупным промышленным объектам в районах Архангельской, Ленинградской, Новгородской, Мурман-

ской и других областей Северо-Запада европейской части СССР, ряда районов Астраханской и Крымской областей. Искользованы опыт по инженерно-геологическим работам для проектирования жилищно-гражданского и сельскохозяйственного строительства, преимущественно в Ленинградской области. Кроме того, широко использованы опубликованные и фоновые материалы по другим районам.

В работе не рассматриваются особенности изысканий в сельскохозяйственных районах, в районах с развитыми лессовыми грунтами и другие специальные вопросы, имеющие определенную специфику.

Автор специально избегает детализации в описании отдельных широко известных методов исследований и в то же время приводит достаточно полное обобщение опубликованного материала в форме, удобной для практического использования. Более широко рассмотрены вопросы, по которым проведены специальные исследования и разработки.

Автор приносит благодарность Н. С. Комерову за ценные замечания, сделанные при подготовке рукописи, а также многочисленным товарищам за совместной практической работе.

СОСТАВ И СТАДИИ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Инженерно-геологические работы, проводимые для обеспечения задач проектирования промышленного и гражданского строительства, представляют собой сложный, многофакторный процесс, зависящий как от естественных условий (геолого-геологическое строение района, климата и характер физико-геологических явлений, природные условия и др.), так и от характера проектируемых сооружений и проводим влияния на их изменение природной обстановки. В зависимости от сочетания всех этих факторов формируются состав инженерно-геологических исследований, методики и объемы работ.

Экономическое требование к инженерно-геологическим работам заключается, в конечном итоге, в снижении стоимости строительства. Это требование осуществляется за счет снижения стоимости инженерных работ и главным образом за счет снижения строительных затрат на отдельные участки, возведение фундаментов, проведение защитных мероприятий и т. д.

Снижение стоимости собственно инженерно-геологических работ позволяет избежать трудоемких, а зачастую, проблемных снижения стоимости строительства за счет качественных поисковых усиленно подчеркивается лишь в самое последнее время [3].

Экономическую задачу инженерно-геологических поисков можно сформулировать как необходимость получить в минимальные сроки при наименьших затратах инженерно-геологическую информацию, необходимую и достаточную для оптимального проектирования. Эта задача успешно может выполняться при выборе рациональных методов и объемов инженерно-геологических работ. Поэтому очень важно обоснованное выделение состава, стадий и этапов инженерно-геологических исследований.

В табл. I приведена динамика роста инженерно-геологических работ, выполняемых трестами инженерно-строительных изысканий Госстроя РСФСР.

В качестве армий для ознакомительного представления о составе инженерно-геологических исследований.

Н. Н. Колосинский (1966) независимо от стадии проектирования сооружений выделяет три типа, зависящие только от стадии проектирования:

инженерно-геологические поиски;

Динамика видов инженерно-геологических работ

| Виды работ | Годы | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 |
| Объем инженерных изысканий всех видов работ, тыс. руб. | 38 580 | 41 759 | 48 178 | 56 372 | 64 227 |
| Объем инженерно-геологических работ, тыс. руб. | 23 009 | 23 434 | 27 114 | 31 821 | 34 960 |
| Объем буровых и гидрогеологических работ, тыс. руб. | 18 150 | 18 874 | 20 926 | 23 766 | 24 350 |
| То же, процент от инженерно-геологических работ | 79,0 | 82,7 | 77,9 | 74,3 | 69,5 |
| Объем изыскания объектов работ, тыс. руб. | — | 109 | 290 | 3075 | 5924 |
| То же, процент от инженерно-геологических работ | — | 2,4 | 10,9 | 9,7 | 11,2 |
| Объем геофизических работ, тыс. руб. | 896 | 132 | 845 | 1216 | 1402 |
| То же, процент от инженерно-геологических работ | 2,9 | 2,5 | 3,1 | 3,9 | 4,3 |
| Объем лабораторных работ, тыс. руб. | 1896 | 2397 | 3274 | 3764 | 4154 |
| То же, процент от инженерно-геологических работ | 8,2 | 12,1 | 12,2 | 11,9 | 11,9 |

инженерно-геологическая разведка;

инженерно-геологическое опробование горных пород.

Г. К. Бондарин [8] отмечает, что подобное подразделение не является строгим, так как инженерно-геологическое опробование включает как в инженерно-геологические работы, так и в разведку, т. е. часть работ включает в себя работы.

По Г. К. Бондарину рассматриваются комплекс операций: инженерно-геологическая съемка и инженерно-геологическое опробование, включающие основные наборы методов работ (аэрофотосъемка, визуальные наблюдения, геофизические методы, проведение горно-буровых изысканий, лабораторные методы и т. д.).

В соответствии со СНиП II-A.13-69 в состав инженерно-геологических изысканий входят:

сбор, изучение и обобщение данных о природных условиях района (участка) строительства и материалов изысканий прошлых лет;
инженерно-геологическая разведка;
инженерно-геологическая съемка;
инженерно-геологическая разведка.

При выполнении инженерно-геологической разведки, съемки и разведки производится инженерно-геологическое опробование.

С. П. Абрамов [3] указывает, что этап инженерно-геологических работ диктуется не только потребностью упрощения и облегчения финансирования, но главным образом необходимостью анализа полученных сведений и корректировки первоначальной программы, построенной на определенных гипотезах.

Особенности определения этапов и стадий в инженерно-геологической географии в отличие от геологоразведочных работ состоит в том, что необходимо учитывать этапы и стадии с факторами, зависящими от геоэкономических условий, и в наибольшей степени конкретного проектируемого строительства.

С. П. Абрамов выделяет пять этапов инженерно-геологических изысканий:

I — изучение природных условий района предполагаемого строительства;

II — работы на перспективных вариантах;

III — работы на выбранном варианте;

IV — работы в сфере непосредственного влияния зданий и сооружений в грунтах;

V — работы в период строительства.

Отмечается, что в настоящее время выбор местоположения строительства является в основном экономическим и градостроительными задачами. Инженерно-геологические условия на выбор места строительства не оказывают, как правило, определяющего значения [3]. Это обстоятельство вызвано возрастающей необходимостью рационализации для нового строительства больших и неудобных земель, освоенных заболоченных участков и т. д. Кроме того, строительное производство уже в настоящее время располагает техническими средствами для строительства в самых сложных инженерно-геологических условиях.

Следует согласиться с С. П. Абрамовым в критике нормативных документов (СН 241—62, СН 225—62, СН 224—62 и др.), закрепивших промышленный подход к изысканиям и разрывавших между собой связь этапов изысканий. Однако полностью нельзя принять предложенную им схему этапов инженерно-геологических изысканий, составленную по аналогии с этапами геологоразведочных работ с примечанием: «принадлежит этапам изысканий и стадиям проектирования осуществляется непосредственно для каждого проекта по согласованию между проектной и исполнительской организациями».

Инженерно-геологические изыскания неразрывно связаны с проектированием строительства, предшествуют проектированию и состав инженерно-геологических работ должен строиться (е, естественно, соразмеряться) в зависимости от состава и стадии проектирования. Связь между собой составов инженерно-геологических работ заключается в научно обоснованном подборе объектов и методов работ каждого из последующих составов в зависимости от результатов предыдущих работ. Состав работ должен быть различным в зависимости от видов строительства (гидротехнического, промышленно-гражданского, линейного и т. д.).

До сих пор отсутствует единство в понимании терминов: состав работ, типы исследований, этапы и т. д.

Подобнообразно принять следующее подразделение инженерно-геологических исследований.

Состав инженерно-геологических изысканий — комплекс работ, характеризующийся набором специальных методов, зависящих от инженерно-геологических условий и целей проектирования объектов строительства.

Название состав инженерно-геологических изысканий — официально введен впервые СНиП II-A.13-69. По П. В. Коломенскому это соответствует понятию «класс исследований», по Г. К. Водянику — «комплекс операций», по классификации геологоразведочных работ — «этапы», по С. Н. Абрамову — «основные виды работ на этапе и др.

К составу инженерно-геологических изысканий относятся: сбор, изучение и обобщение материалов прошлых лет, инженерно-геологическая реконструкция, инженерно-геологическая съемка и инженерно-геологическая разведка.

Инженерно-геологическое опробование входит в состав изысканий инженерно-геологических изысканий как основной метод получения информации по вещественному составу, состоянию и свойствам пород.

Стадия изысканий — законченная часть определенного состава инженерно-геологических изысканий, отличающаяся степенью детализации и порядком проведения работ, зависящая от стадии проектирования объектов строительства. Это понятие стадии сохраняется в основном у многих авторов и широко применяется на практике. Названия стадий изысканий соответствуют этапам проектных работ, в чем мы видим преимущество и вытекающую из него особенность инженерных изысканий в проектировании как единого процесса с общей целью.

Этап инженерно-геологических изысканий — законченная часть работ на определенной стадии изысканий, позволяющая организационно либо технически оформлять окончательно отдельного вида (либо отдельных видов) работ. Этот термин особенно широко начал применяться после перехода на повсеместную оплату инженерно-геологических работ. С. Н. Абрамов дает более широкое понимание этапов как частей единого геологического процесса изысканий, заканчивающихся выдачей отчетных материалов и обеспечивающих тем самым решение основных задач проектирования. Таким образом, по С. Н. Абрамову этап обязательно включает полевые и камеральные работы с выдачей отчетных материалов. В нашем понимании этап предусматривает возможности как организационного (полные работы без выдачи отчетных материалов, камеральные работы, выдача предварительных материалов и др.), так и технического оформления части работ (полное окончание работ по части, либо по отдельным сооружениям, выполнения только геофизических работ и т. д.), что позволяет более гибко планировать проведение изысканий.

В табл. 2 представлена схема состава инженерно-геологических работ для промышленного и гражданского строительства.

| Система инженерно-геологическая (или СНиП II-A 15-69) | Основные методы получения информации | | Основные методы обработки информации |
|---|--------------------------------------|--|---|
| Сбор, изучение и обобщение материалов прошлых лет | Косвенные методы | Архивный поиск, обработка и оценка собранных материалов | Следи, планы, монографии, карты, таблицы и т.д. |
| Инженерно-геологическая реконструкция | | Маршрутные обследования (окейный и плановый) | Следи, зарисовки, фотографии |
| Инженерно-геологическая съемка | Инженерно-геологическое обследование | Аэрофотосъемка, визуальные наблюдения, измерения и измерения. Горно-бурильщики и геофизические работы | Карты, отчеты |
| Инженерно-геологическая разведка | | Прямые горно-бурильские выработки. Полевые и лабораторные методы исследования. Статистические наблюдения. Осмотр и документация строительных работ | Отчеты с планами карт, рисунки, таблицы и т.д. |

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Методы инженерно-геологической съемки. С целью изучения условий строительства тех или иных сооружений производится инженерно-геологическая съемка, являющаяся ведущим методом проведения исследований. Основным документом, составляемым по результатам съемки, — инженерно-геологическая карта. Иногда для карт меньшего масштаба используются инженерные материалы ранее проведенных исследований. В этом случае инженерно-геологическая карта составляется без полевых работ, т. е. без инженерно-геологической съемки.

Г. К. Бондарик [8] дает формализованное понятие инженерно-геологической съемки как комплекса работ, выполняемых с целью получения набора моделей инженерно-геологических условий

2.4.4 各子系统的组成和主要功能 图 2-15 为系统的主要组成和主要功能。

| Виды и этапы проектирования | | | |
|---|--|---|--|
| для проектирования строительных объектов (по СНиП 202-82) | для проектирования строительных объектов (по СНиП 202-82) | для проектирования строительных объектов (по СНиП 202-82) | |
| На всех стадиях | На всех стадиях | На всех стадиях | |
| На всех стадиях при проектировании нового строительства. Выбор площадки | На всех стадиях при проектировании нового строительства | | |
| Проекты планировки и застройке районов, схемы территориального планирования, комплексного плана. Технический проект в сложных инженерно-геологических условиях. | Проекты планировки, застройке и комплексного плана. Технические проекты зданий | Проекты планировки и застройке | |
| Проекты планировки и застройке районов, схемы территориального планирования, комплексного плана. Технический проект в сложных инженерно-геологических условиях. | Проекты планировки, застройке и комплексного плана. Технические проекты зданий | Проекты планировки и застройке | |
| Проекты планировки и застройке районов, схемы территориального планирования, комплексного плана. Технический проект в сложных инженерно-геологических условиях. | Проекты планировки, застройке и комплексного плана. Технические проекты зданий | Проекты планировки и застройке | |

Исследования-гидрологическая съемка заключается, как правило, на реках в стадии изысканий в процессе инженерно-геологических изысканий, однако в ряде случаев проводится и при инженерно-геологической съемке.

5) СОСТАВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЪЕДИНЕНИЯ:

сбор, систематизация и анализ материалов по географическому изучению района;

образовало местность, оторванную разрывом, обвешенный, состоя-
ния существующих сооружений, физико-географический характер
и т. д.

различия маршрутов, производств поблаждений (число раз отсы-
лавших и принимающих поблажений, геоморфологические зависи-
мы, фито-геологические явления, климатические условия, коэф-
фициент и т. д.), фотографирование объектов наблюдения.

аэрофотосъемки, наблюдения и полное дешифрирование аэрофотоматериалов;

проходки горных и буровых выработок, преобразование заломоческого и статического зондирования;

геофизические исследования;

полевые и лабораторные определения состава и физико-механических свойств пород;

микротектонические решения наблюдений;

специальные исследования, предусмотренные программой;

компьютерная обработка материалов, составление карт, разрезов и тектонических отчетов.

Выбор применяемых способов зависит от сложности геологического строения территории и поставленной перед заказчиком и обработкой информации, достаточной для решения конкретной проектной задачи на той или иной стадии.

Наиболее широко инженерно-геологическая съемка применяется при проектировании промышленного и гражданского строительства с целью:

оценки инженерно-геологических условий на стадии разработки схемы генерального плана промышленного узла, технико-экономического обоснования (ТЕО) проектов промышленного строительства; проекта генерального плана города, поселка; проекта планировки отдельных районов городского и сельского строительства, а в ряде случаев и для проектов застройки микрорайонов, кварталов и комплексов общественных зданий;

обеспечения определенного вида строительства, либо защитных мероприятий, являющихся противопожарными, каретозащитными и др.; определения оптимального объема полевых, земных и лабораторных работ при изысканиях на последующих стадиях;

прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий территории.

В настоящее время отсутствуют единая классификация видов инженерно-геологической съемки и типов инженерно-геологической карт.

Наиболее приемлемым является разделение карт по масштабам на обзорные — 1 : 2 500 000 — 1 : 500 000, маломасштабные — 1 : 500 000 — 1 : 100 000, среднемасштабные — 1 : 50 000 — 1 : 25 000, крупномасштабные — 1 : 10 000 — 1 : 5000, детальные — 1 : 2000 и другие.

По своему назначению различают карты трех типов: общегеоинженерно-геологические (карты инженерно-геологических условий), инженерно-геологического районирования и социальные инженерно-геологические.

Обзорные и маломасштабные карты составляются, как правило, по инженерным материалам геологической съемки для выявления общих закономерностей формирования инженерно-геологических условий на больших территориях. Для всей территории СССР составлена под редакцией М. В. Чурилова (ВСЕГИТЕО) инженерно-

геометрическая карта масштаба 1 : 2 500 000. При государственной топографической съемке по каждому планушты составляются инженерно-геологические карты масштабов от 1 : 100 000 до 1 : 300 000.

Для проектирования промышленного и гражданского строительства производятся только крупномасштабные и детальные инженерно-геологические съемки, однако съемки более мелких масштабов выполняются попутному: помимо при планировании и проведении крупномасштабных съемок.

В последние годы получают применение ускоренные методы картирования, особенно хронометод, позволяющий достаточно точно выделять некоторые типы отложений [39]. В практике наиболее распространены методы районного картирования, комплексного картирования и инженерно-геологического районирования [26].

Метод районного картирования заключается в том, что на карту выносятся прежде всего основные компоненты инженерно-геологических условий. На этих картах отражаются рельеф, гидрография, стратиграфия, тектоника. Изображаются геолого-геостатические комплексы и литологический районный, картируются места проявления физико-геологических явлений, выделяются некоторые показатели физико-геологических свойств пород. Н. С. Комаров (1967 г.) отмечает достоинства карты инженерно-геологических условий, позволяющих получить информацию о всех компонентах инженерно-геологической обстановки, а также выявить закономерности пространственного размещения и взаимосвязи этих компонентов. Недостаток метода — значительная перегрузка карты и отсутствие комплексных оценок отдельных частей территории.

Метод комплексного инженерно-геологического картирования заключается в выделении на карте комплексов отложений, для которых может быть дана обобщенная инженерно-геологическая характеристика. Вполне понятно, что выделяемый комплекс отложений зависит прежде всего от детальной карты. На картах мелких масштабов выделяются комплексы литологического порядка, исключаются отложения мелкого порядка, картируемых на листах средних и крупных масштабов. Таким достигается преимущество в содержании карт разных масштабов. На комплексные карты добавляются дополнительно комплексы физико-геологических явлений.

Метод инженерно-геологического районирования, разработанный И. В. Павловым, заключается в исследовании отдельных территорий на отдельные части, которые характеризуются все большей однородностью их инженерно-геологическими условиями.

Инженерно-геологическое районирование может включать как деление территории на отдельные единицы (региональное районирование), так и определенными типами территориальных единиц (типологическое районирование).

И. В. Павловский (1967 г.) предлагает составлять унифицированные инженерно-геологические карты, на которых показывались бы наиболее важные факторы для всех видов строительства, т. е. рельеф, геология, литологический состав пород, маломасштабное гидро-

жене уровня первого от поверхности водонесного горизонта, физико-геологические данные и физико-технические свойства пород. При необходимости факторы, специфические для отдельных видов строительства, изображаются на дополнительных картах.

В. Д. Ломтадзе [33] считает, что на инженерно-геологической карте должны быть выделены группы и подгруппы пород, соответствующие приметам инженерно-геологическим классификациям, и определены инженерно-геологические условия конкретного вида строительства. По этой методике составлены карты для городов Северо-Запада СССР и Прибалтики.

При составлении крупномасштабных и детальных карт часто используется методика составления карт-срезов с характерной отклонений на различных отметках от поверхности. Составление таких карт для проектирования промышленного и гражданского строительства, на наш взгляд, не всегда целесообразно, так как обычно представляет интерес весь комплекс отклонений в пределах активной зоны. Даже в отдельных специальных случаях может возникнуть необходимость в построении одной или нескольких карт-срезов.

Большинство распространяемых подьеуются карты, с которых сканируются или иные отклонения, например торфа, насыпные грунты и т. д. Для отдельных видов строительства, например для проектирования мелиоративного строительства, разрабатываются специальные методики.

Краткий обзор общих положений показывает, насколько сложен вопрос, связанный с методикой инженерно-геологической съемки. Нет единства и в определении условий съемки.

Для съемки в масштабе 1 : 2000 рекомендации по количеству съемочных точек и горно-буриных выработок отсутствуют. Исходя из детальности этого масштаба и предполагая возможность использования материалов съемки в масштабе 1 : 2000 для проектирования объектов строительства, предлагается принять количество выработок на 1 км² для I категории сложности 25—30, что соответствует сетке 200 × 150 м, для II категории 35—40, что соответствует сетке 150 × 150 м. Для III категории можно принять количество выработок 50—60, имея в виду следующее соотношение наиболее сложных мест. Некоторые рекомендации по количеству точек наблюдений при съемках сведены в табл. 3.

Следует отметить, что отсутствует четкое понятие условий инженерно-геологической съемки. Оценка условий только по количеству точек наблюдений и горно-буриных выработок обеспечивает лишь достоверность освещения условий залегания пород, гидрогеологических условий и пространственного положения выделенных физико-технических комплексов. Необходимо, чтобы инженерно-геологические карты были кондиционными и полностью составлены и физико-механические свойства картируемых пород. Это может быть достигнуто, например, за счет определения необходимого числа проб показателей физико-механических свойств для каждого слоя при-

Рекомендуемое количество точек наблюдения на 1 км² (а)
и в том числе скважинных выработок (б)
при составлении геологической карты требуемого масштаба

| Плотность точек наблюдения | Масштаб | | | | | | |
|-------------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| | 1:250 000 | 1:100 000 | 1:50 000 | 1:25 000 | 1:10 000 | 1:5000 | 1:2000 |
| а | 0,5 0,05-0,15 | 1 0,02-0,35 | 2 0,02-0,8 | 8 0,2-2,4 | 14 0,7-3 | 47 9-23 | 80 25-30 |
| б | 0,6 0,06-0,18 | 1,5 0,03-0,5 | 3 0,06-1 | 5 0,4-3 | 20 1,3-11 | 38 18-32 | 70 30-40 |
| в | 1,1 0,01-0,30 | 3,2 0,05-0,7 | 5 0,1-1,6 | 10 0,5-4 | 34 1,7-14 | 74 35-45 | 95 50-80 |

Примечание. 1. Для масштаба 1:250 000 — 1:15 000 по изобретению или по изобретению и инженерно-геологическим работам для горнопромышленности (ГИПРОГ), часть 1, 1957 г.; для масштаба 1:10 000 по СН 211-52 для масштаба 1:5000 по дополнению автора.

2. Категория сложности дана по СНИП, часть 1, 1957 г.

количеством на единицу площади участка из различных уровней доверительной вероятности. Целесообразно принимать уровни доверительной вероятности при определении числа проб для масштабов 1:10 000 — 1:5000 в 0,90, а для масштаба 1:2000 в 0,95.

В основу составления обзорных и мелкомасштабных инженерно-геологических карт положен формально-аналитический и литолого-геологический принцип анализа территории, разработанный Н. В. Поповым, М. В. Чуриновым и др. На рис. 1 представлена общая схема таксономических единиц для классификации горных пород на инженерно-геологических картах.

Нижне рассматриваются также некоторые вопросы, связанные с крупномасштабным и детальным картированием.

Составление крупномасштабных и детальных карт, учет, систематизация и обобщение материалов. Большой объем инженерно-геологических работ требует четкой организации учета, систематизации и обобщения материалов, что в свою очередь создает благоприятные условия для составления карт по фондовым материалам.

Инженерно-геологические системные работы учитываются в соответствии с «Инструкцией по составлению и использованию карты инженерно-геологической записки» и картограмм инженерно-геологической записки территории СССР (ВГФ, 1965 г.) на бланковой основе масштаба 1:1 000 000, где выделяются площадки съемки, составленные для общей оценки инженерно-геологических условий

территория, и для обоснования проектов строительства различных объектов.

Учет и систематизация материалов детальных инженерно-геологических работ, выполненных после 1959 г., производится в соответствии с «Рекомендациями по составлению справочно-информационной картотеки инженерно-геологических материалов», разработанными ЦТИОМЗ и ПНИИС в 1967 г. Наиболее приемлемой формой учета материалов в настоящее время является перфокартная И-6 с двухрядной перфорацией. Следует отметить и неудобства этой системы; связанные с трудоемкостью изготовления И-6 и ограниченными возможностями поиска.

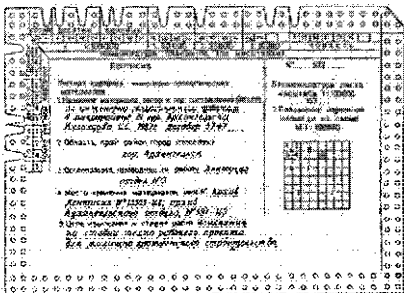
Наиболее перспективной следует считать систему записывающего устройства ЭИМ.

На перфокарты записываются информация по отдельным участкам, на обратной стороне карты выносятся краткая сводная карта (рис. 2, 3) и сведения по опорным скважинам (рис. 4, 5). Эти перфокарты используются для составления инженерно-геологических карт, а также при необходимости получить оперативные сведения по какому-либо участку. Учет и систематизация материалов позволяет достигнуть определенных экономических эффектов за счет уменьшения материалов практических лет и сокращения объемов плановых и лабораторных исследований.

Только по трем из пяти Госгоров РСФСР усредненными данными от исследовавших участков материалов приблизительно составляет не менее 1,5 млн. руб. в год.

Систематизация крупномасштабных карт по фондовым материалам ориентировочно не отличается от картонования по результатам съемочных работ, так как и в этом и в другом случае выполняются равно приращивания работ обязательно. Следует отметить, что при составлении карт по фондовым материалам, как правило, имеются следующие особенности. Наибольшую ценность имеют районы, где проводились массовые инженерно-геологические работы и эти районы к моменту составления карты обычно уже застроены. Районы перспективной застройки, т. е. представляющие наибольший интерес, имеют недостаточную изученность и без дополнительных полевых работ будут представлять собой «белое пятно».

При составлении крупномасштабных и детальных инженерно-геологических карт наиболее существенно выделяются группы пород с различными свойствами, влияющими на проектирование конкретного вида строительства. Для этого прежде всего необходимо иметь научно обоснованную инженерно-геологическую классификацию, достаточно детальную для отображения наиболее существенных различий по составу, структуре и свойствам пород. Эта классификация должна иметь в основе сложившуюся естественно-геологическую схему и учитывать требования строительных нормативных документов, которые могут меняться по мере развития методов исследований грунтов и методов расчета оснований и строительных конструкций.



Таким образом, даже при известных недостатках вышеуказанных, имеющихся в нормативных документах, на детальных и крупномасштабных картах приходится использовать Горные породы по этим классификациям, так как только в этом случае они могут быть использованы для проектирования сооружений.

По результатам данных и лабораторных исследований должны быть выявлены основные закономерности изменчивости физико-механических свойств пород в пространстве. В соответствии с рекомендациями по производству инженерно-геологической съемки при инженерных изысканиях для строительства (М., Стройиздат, 1972) изменчивость физико-механических свойств пород устанавливается по следующим показателям: для скальных пород — по петрографическому составу и временному сопротивлению сжатию в сухом и водонасыщенном состоянии, а для растворимых пород — по содержанию по растворимости; для крупнообломочных пород — по содержанию фракций, составу, овалитности и выветренности крупнообломочного материала, составу и состоянию матрикса, объемной массе породы, текстуре; для песчаных пород — по гранулометрическому и минеральному составу, объемной массе и пористости; для глинистых пород — по числу пластичности, объемной массе и пористости, естественной влажности, водонепроницаемости; для пород особого состава и состояния по специфическим показателям (проницаемость, набухаемость, засоленность, затвердеваемость, содержание органических включений и т. д.). Рекомендуется использовать для характеристики изменчивости пород комплексные показатели кондирирования.

Опыт трехсот изысканий в составлении инженерно-геологических карт наиболее полно обобщен в разработанных ПТИСНЗ «Указаниях по составлению инженерно-геологических карт масштаба 1 : 10 000 — 1 : 50 000 для территорий городов и поселков (по фоновым материалам)», Госстрой РСФСР, 1971.

Обычно составляется комплект карт, которые подразделяются на карты инженерно-геологических условий и инженерно-геологического районирования.

Карты инженерно-геологических условий представляют собой инженерно-геологический синтез геоморфологического, геологического и гидрогеологического строения картируемой территории. И. Н. Попов указывает на необходимость специального инженерно-геологического анализа и своеобразного инженерно-геологического сложения всех факторов и противопоставлению сложному геологической, литологической, геоморфологической и гидрогеологической карт. [52].

В зависимости от природной обстановки и целей проектирования составляются дополнительные карты и карты инженерно-геологических условий: мелиорации и состава почвенных грунтов, торфов, кряжей, поровых, либо другие маркированных отложений, такжизма грунтовых вод, карты изогипсов физико-геологических данных (карты проницаемости, оползневые карты и т. д.). Очень часто в качестве

дополнительных карт составляются: карта-сравн на определенной глубине или отсечке, карта-сравн по разным породам, обладающим теми-либо общими или противоположными либо отрицательными признаками.

Несомненной частью комплексов карт является карта фактического материала, которая впоследствии может быть использована как дежурный план для нанесения вновь пройденных работ.

Требования к простоте чтения обычно заставляет составлять карту инженерно-геологического районирования, хотя в ряде случаев ее можно соединить с картой инженерно-геологических условий.

На карте инженерно-геологических условий и зависимости от принятой методики выделяются цветом либо текстовую принадлежность, отложения, либо группы пород по средневековой инженерно-геологической классификации. Независимо от принятой методики различными приемами картирования (цветом, штриховкой, краплением, изоляциями и т. п.) должны быть отражены следующие элементы:

фактический материал (записи выработки в единой нумерации, точки проведения опытных работ, данные геофизических профилей, объяснения, данные натурных наблюдений, гидрологические посты, линии основных инженерно-геологических разрезов и т. д.);

геоморфологические и топографические особенности территории (основные формы рельефа, типы склонов, естественные валы, водораздельные линии и т. д.);

гидрологические условия (правильно и характер затопляемости территории при различных уровнях обеспеченности);

распространение и условия залегания (в виде контуров, изометрий контуров или глубин, разрез, наклады и т. п.), полезны, состав и сложение горных пород по всей картируемой глубине (обычно не менее 10—15 м);

гидрогеологические условия (распространение и характер зеркала от поверхности подстилающего водонесущего горизонта и зерновости, их химический состав, либо зерновистые свойства, условия залегания в виде глубин, или гидропоники на первом максимумо-обеспеченности порядка 10%);

распространение, характер и интенсивности проявления физико-геологических и антропогенных явлений (оползни, сели, обвалы, карсты, заболачиваемость, просадки, подработка берегов, карьеры, шхеры, рефугируемые территории и т. п.);

распространение и характер существующих инженерных мероприятий, влияющих на инженерно-геологическую оценку территории (дренаж, плотины, берегоукрепительные работы, мосты усиления фундаментов и т. п.);

причины естественные и искусственные факторы, оказывающие неблагоприятное воздействие на условия освоения территорий, производств, строительства и эксплуатации сооружений.

При составлении инженерно-геологических условий выявляются потребности в составлении карты инженерно-геологического районирования.

Основой для составления такой карты являются требования соответствующих нормативных документов, в частности для проектирования планировки и застройки населенных мест необходимо выделять районы по классификации СНиП П-К.2-62, при изысканиях для объектов сельскохозяйственного строительства по классификации РСН 24-66 и т. д.

На картах районирования в зависимости от сложности территории выделяются районы, подрайоны и участки.

В настоящее время принято выделять районы вполне благоприятные, условно благоприятные и неблагоприятные (сложные) для строительства. Вполне понятна условность подобной классификации, так как даже в районах целиком неблагоприятных для строительства всегда находится подрайоны или участки в более благоприятных условиях, чем территория в целом, что требует обязательного акцентирования этих участков на карте. В соответствии с «Рекомендациями по производству инженерно-геологической съемки при инженерных изысканиях для строительства», 1972 г., выдаваемые таксономических единиц и их оценка по принципу «пригодности» или «непригодности» для строительства не допускается.

Критериями для выделения районов являются следующие факторы: рельеф и геоморфология, группы горных пород, грунтовые воды и затопляемость, физико-геологические процессы и явления. Очень важно выделять на карте территории, где более детальные инженерно-геологические исследования для объектов массового строительства могут не проводиться или проводиться в минимальных объемах.

В табл. 4 приводится примерная схема инженерно-геологического районирования территории, рекомендуемая «Указаниями по составлению инженерно-геологических карт масштабов 1:10 000 — 1:5000 для территорий городов и поселков (на фондовых материалах)», Госстроя РСФСР, 1971 г.), принятая нами с изменениями.

Инженерно-геологические карты, даже крупного и детального масштабов, не могут сосредоточить всю информацию, особенно в части исследований физико-механических свойств грунтов, поэтому особое значение предается отчету к карте и в первую очередь главе «Физико-механические свойства пород». В этой главе необходимо раскрыть не только результаты исследований состава и свойств пород района, но и закономерности изменения этих свойств в пространстве, зависимость механических свойств от состава и физических свойств и т. д. Так как при составлении карт и отчетов приходится широко пользоваться фондовыми материалами, необходимо вести обобщение показателей механических свойств полученных по единой методике, обращать внимание на способы подготовки образцов к анализу и т. д.

Для каждой из выделяемых инженерно-геологической разновидностей пород должны быть обоснованы обобщенные показатели физико-механических свойств.

Таблица 4

Схема инженерно-геологического районирования территории
по комплексу факторов

| Породы и морфология | Районы с высоким значением фактора для строительства | Районы с умеренным значением фактора для строительства | Районы с низким значением фактора для строительства |
|---------------------------|--|---|--|
| Породы и морфология | Значительные различия в форме рельефа. Слабая разрабатываемость рельефа. Уклоны 0,5—10% | Значительные различия в форме рельефа, осложнен- ные большими количе- ствами террас. Уклоны менее 0,5 и от 10 до 30% | Сильная разрабатываемость рельефа, уклоны бо- лее 30% |
| Затопля- емость | Не затопляется на- воднениями | Затопляется на бо- лее чем на 0,6 м на- воднениями 4% обеспо- ченности | Затопляется на- воднениями чаще, чем на 2,5 м |
| Заболо- тость | Не заболочивается | Требуются специ- альные работы по осу- шению | Значительная забо- лоченность, торфа- ники мощностью бо- лее 2 м |
| Породы | Сильные слабе- ющие породы, кор- розивные в воде; ко- лечные-глинистые; не- проницаемые; услож- ненные сложными структурами фундамен- тов, возможны соору- жения фундаментов на остаточных оско- нках, либо на ко- ротких сваях | Средние слабе- ющие, проницаемые; осложненные порода- ми, требующими специальных работ по укреплению грунтов, возможны фундамен- ты на сваях, предохра- нительные группы от размывов | Породы с высокими свойствами, не- проницаемые, ко- лечные, торфя- ные, глинистые, сла- бые породы. Трудно- доступны для соору- жения фундаментов |
| Грунто- вые воды | Малое количество грунтовых вод на 2—3 м глубины от поверхности фундаментов | Малое количество грунтовых вод на 2—3 м глубины от поверхности фундаментов. Грунтовые воды агрессивны к бетону. Требуются мероприятия по понижению уровня вод, гидроизо- ляция и т. д. | Малое количество грунтовых вод на 2—3 м глубины от поверхности фундаментов. Грунтовые воды агрессивны к бетону. Требуются мероприятия по понижению уровня вод, гидроизо- ляция и т. д. |

| Промышленные районы | Районы жилищно-коммунального строительства | Районы жилищно-коммунального строительства | Районы жилищно-коммунального строительства |
|---------------------|---|--|--|
| Федеральные районы | Относительно высокая доля жилищного строительства | Низкая доля жилищного строительства | Высокая доля жилищного строительства |
| Федеральные районы | Относительно высокая доля жилищного строительства | Низкая доля жилищного строительства | Высокая доля жилищного строительства |

Заключение

Из материалов исследования по жилищно-коммунальному хозяйству в различных районах

| Исследуемый тип | Уровень распространения в районе | Уровень распространения в районе | Уровень распространения в районе |
|---|--|---|----------------------------------|
| Квартирный (с подвалами, мансардами, чердачными и в отдельных случаях с чердачными помещениями) | Распространен наиболее широко, особенно в центре | Мал, не превышает 10-15% от общей численности населения | От 20-35% |
| Малоэтажный | Распространен широко, особенно в центре | То же | Достигает 50% и более |
| Городской (вместе с чердачными) | Распространен достаточно широко, особенно в центре | Значительно, достигает 70-80% | Мал, не превышает 10% |
| Сельский (вместе с чердачными) | Распространен широко, особенно в центре | То же | Мал, не превышает 10% |

В связи с переходом на новую систему проектирования объектов строительства, при которой смета на строительство составляется оповнительно на стадии технического проекта, роль крупномасштабного инженерно-геологического карторования существенно возрастает.

Особенности инженерно-геологической съемки в карстовых районах. Описанные работы изысканий в карстовом направлении, как правило, на основании научных геологических материалов для районов, где развиты известняки, доломиты, гипсы, ангидриты и другие растворимые горные породы, а также на основании вычлеченных при геологическом изучении местности проявлений рельефа.

В этих районах работы проводятся в соответствии с Рекомендациями по инженерно-геологическим изысканиям и оценке территорий для промышленного и гражданского строительства в карстовых районах СССР (НИИИС Госстроя СССР, 1967 г.).

В основу схемы районирования территории СССР положено выделение автолитических типов карты (табл. 3).

При изысканиях для выбора площадки, разработки проектов районной планировки, схем генеральных планов промышленных узлов и ТЭУ используются имеющиеся литературные и фоновые

Таблица 3

типы карты

и оценке территории для промышленного и гражданского строительства СССР, НИИИС, 1967 г.)

| Инженерно-геологическая | Примеры | Особенные особенности |
|---|--|--|
| Может достигать 100-200 м/сут. и более | Проводит часто, как правило, не чаще 0,1 случая на 1 км ² в год | Высокая способность к образованию карстовых полостей в период аккумуляции и эрозии и разрушения практически может не осуществляться. Исходя из способности пород поглощать, возможен суффозионный вид карстовых и констатированной микротрещин |
| Достигает десятков метров в сутки и более | Редко | Возникает затруднений при строительстве не встречается. Исходя из способности пород постепенно сжиматься, возможен переход в разрывное состояние при динамических нагрузках |
| Практически водонепроницаемы, на склоне закарстованных участках достигает 100-200 м/сутки и более | Часто, от 0,1 до 1 случая на 1 км ² в год и более | Вызывает значительные затруднения и опасность при строительстве |
| Практически водонепроницаемы | Достигает 0,1-1 случая на 1 км ² в год | Строительство не рекомендуется, может происходить резкая активизация карста. |

материалы, геологические съемки в масштабах 1 : 200 000 — 1 : 500 000. Для районов, где карстовые процессы изучены недостаточно, обязательно выполнение рекарификационных обследований. На этих стадиях изысканий, как правило, ограничиваются качественной оценкой устойчивости территории.

Для обоснования планировки и застройки городов и населенных пунктов в карстовых районах обычно назначается съемка в масштабах 1 : 25 000 — 1 : 5000. Топографической основой принимаются планы и карты с нанесением карстовых форм рельефа размерами не менее 1 мм в масштабе плана или карты. Выбор масштаба съемки зависит в основном от интенсивности развития карста. Масштаб съемки 1 : 10 000 — 1 : 5000 следует рекомендовать при проведении изысканий для обоснования технического проекта промышленного предприятия. На стадиях проекта планировки и застройки, а также технического проекта необходимо предусмотреть количественную оценку устойчивости территории.

Методика инженерно-геологической съемки в карстовых районах принципиально не отличается от обычной инженерно-геологической съемки. Более правильно рассматривать единую методику инженерно-геологической съемки, где изучению карста уделяется одним из важнейших, но частных вопросов. Особое внимание уделяется изучению качественных и количественных оценок закарстованности, гидрогеологических и, особенно, гидрогеодинамических условий, а также обследованию существующих зданий и сооружений.

Необходимо по возможности проводить картирование и районирование не только поверхностных, но и подземных форм карстопроявлений, вскрытые горно-бурильными выработками. Целесообразно широко применять геофизические методы. Следует изучить возможность активизации карстовых процессов за счет вод, сбрасываемых действующими либо проектируемыми предприятиями.

Инженерно-геологическая съемка должна сопровождаться не только качественной, но и количественной оценкой закарстованности территории. Существующие методы количественной оценки основаны на учете поверхностных форм карстопроявлений.

Применение количественных методов достоверно при учете не менее 20 прецедентов, что возможно установить путем стационарных наблюдений, опроса местных жителей, анализа архивных данных и других топографических материалов и т. д. (табл. 8).

Рекомендации, разработанные НИИИС (1967 г.), по показателю интенсивности P карстовых процессов территориям подразделяются на очень неустойчивые ($P > 1,0$ случаев/км² в год), неустойчивые ($P = 0,1 - 1,0$), недостаточно устойчивые ($P = 0,05 - 0,1$), территория с песочной повышенной устойчивостью ($P = 0,01 - 0,05$), относительно устойчивые ($P < 0,01$) и устойчивые, т. е. территории, на которых образование провалов исключается. Одним из сложных вопросов является оценка размеров возможных подземных полостей по величине поверхностных карстовых воронок. Частота ширины карстовой полостей примерно равна ширине воронки.

изучением или непосредственно методом А. В. Ступинкина и др. (1972 г.) предлагают следующую зависимость, найденную с коэффициентом корреляции 0,97:

$$n = \frac{x}{1,5} + 10,$$

где x — ширина подземной пустоты;

n — ширина карстовой выработки над тротуаром [20].

И. А. Саваренский, К. В. Толмачев при количественной оценке территорий предлагают применять вероятностно-статистические методы, принимая, что распределение диаметров карстовых воронок и распределения провалов во времени хорошо описывается законом распределения Пуассона.

Таблица 6

Количественные критерии закарстованности территорий [20]

| Критерий | Формула | Обозначения | Автор |
|--|--|--|------------------------------------|
| Произведение количества карстовых провалов | $P = \frac{n}{St}$ | n — количество провалов, характеризующихся на каждой 1 км ² на промежутке t лет | З. А. Манас |
| Средняя площадь провала | $\bar{P} = \frac{1}{n} \cdot \frac{St}{n}$ | Величина образца P | |
| Численность карстовых воронок | $r = \frac{n}{S}$ | | Г. А. Мещинский, К. А. Горбунов |
| Плотный коэффициент закарстованности | $K_1 = \frac{S_1}{S} \cdot 100\%$ | S_1 — сумма площадей воронок | Н. В. Голубев |
| Объемный коэффициент закарстованности | $K_2 = \frac{V_1}{V} \cdot 100\%$ | V_1 — сумма объемов воронок | К. А. Горбунов |
| Предельная пороговая закарстованность | $\theta = \frac{S_0}{S_1}$ | S_0 — сумма площадей провалов-воронок | И. А. Саваренский |
| Среднеарithmeticкий процент объема воронок на 1 км ² территории | $q = \frac{K_1}{St}$ | V_0 — объем провалов-воронок, образующихся на площади за время t | И. А. Саваренский |

При планировании исследований можно пользоваться и показателями, зависящими от интенсивности растворения карстующихся пород, например доказателем активности карстового процесса (по Н. В. Родионову):

$$A = \frac{n}{V} \cdot 100\%,$$

где γ — объем расторгнутой породы, выносимой подземными водами с данной территории за определенный отрезок времени;
 V — общий объем порогующихся пород на рассматриваемой территории.

Ряд методов основан на оценке гидродинамической связи системы подземные (либо приравненные) воды — картирующиеся породы.

Применение гидродинамических методов оценки дореза обычно приводит на более поздних стадиях исследований, ограничиваясь при съемке лишь общей гидродинамической характеристикой района.

Обоснованность инженерно-геологической съемки в орошаемых районах. В орошаемых районах закономерные геологические съемки могут являться как для обоснования различных стадий проектирования, так и для разработки специальных противоопасных мероприятий, которые в свою очередь могут проводиться на стадиях схемы противопаводковых мероприятий, технического или технико-рабочего проекта.

На стадии разработки схемы противопаводковых мероприятий для хорошо изученных районов специальных инженерных, как правило, не проводят. В малоизученных районах выполняется инженерно-геологическая съемка масштаба 1:10 000 и при очень сложных условиях в масштабе 1:50 000. Если изучаемый опасный участок является частью обширного региона, рекомендуется проводить там же инженерно-геологическую съемку всего региона в масштабе 1:25 000 — 1:50 000.

В соответствии с руководством [60], для обоснования съемки в масштабе 1:10 000 следует проходить не более 10 горно-буровых выработок на 1 км² площади съемки, которые располагаются на основных геоморфологических элементах как на возвышенных, так и на оползневых участках склонов. Предлагаются более обоснованным назначать объем горно-буровых выработок по табл. 3.

На стадии технического проекта противопаводковых мероприятий проводится съемка масштабом 1:2000 — 1:1000, если отсутствует инженерно-геологическая съемка участка масштабом 1:1000 — 1:5000.

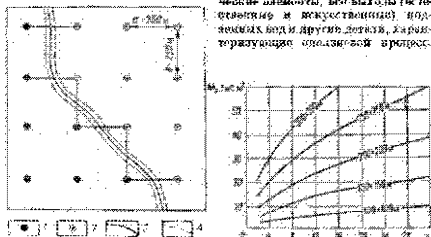
При производстве инженерно-геологической съемки целесообразно заложить буровые скважины, оборудованные для наблюдений за уровнем грунтовых вод и глубинным реверсом для фиксации смещений. Тем самым будет положено начало накоплению информации, необходимой для более поздних стадий проектирования.

Основной задачей инженерно-геологической съемки в орошаемых районах является не только получение инженерно-геологических характеристик участка работ, но и создание схемы комплексного выбора методов и размещения выработок (главным образом режущих и дробящих) для более детальных исследований.

Инженерно-геологическая съемка масштаба 1:10 000 выполняется на топографической основе масштабом 1:10 000 — 1:5000. Помимо задач, которые решаются инженерно-геологическими съемками в любых районах, особое внимание уделяется решению задач на смещенные и возвышенные, характерные типа, возраста, мар-

философии опознания, достигаемому путем анализа и синтеза образцов социального сознания. Специально рассматриваются вопросы, связанные с наличием развитых искусственных сооружений на разном уровне бытия и влияние социализма на состояние существующих сооружений. Москва, 1961 г. 12 с.

Наименование-топонимическая схема в масштабе 1 : 2000) вычерчена по топографической основе масштаба 1 : 2000 - 1 : 1000. Инструментально приращиваются обочины и отдельные морфологи.



1. 姓名: 王小明 2. 性别: 男 3. 年龄: 25 4. 职业: 教师 5. 单位: 某某中学 6. 联系电话: 13812345678

[illegible]

Рис. 7. Зависимость расстояния между элементами от действующей нагрузки

Эффективная постановка геофизических работ (аэро- и сейсмо-разведки), а также установка магнитных и контактных приборов.

Точность маркированных контуров и выделенных групп пород. Топографической основой при инженерно-геологической съемке служат обычно карты или планы того же масштаба, что и съемка, либо на одну ступень крупнее. При крупномасштабной и детальной съемках все точки и контуры должны иметь инструментальную привязку.

Все выделяемые элементы наносятся на карты с точностью, определяемой как совокупностью картируемых факторов и параметрами разведочной сети, так и требованиями проектирования. Критерием точности служит точность построения границ групп и подгрупп пород, точность выделения отображаемых признаков и т. д. Элементами минерально-петрологической толщай являются элементы по своему значению

и требуют различной детальности изучения. Контур на карте проводится либо посередине между скважинами, либо по среднему углу выклинивания. И. А. Рытовым и С. М. Гудковским (1966 г.) показано, что ошибка построения границы по отдельным скважинам M при примерно равных сторонах разведочной сети составляет

$$M_s = \pm \frac{1}{8} a \cdot b \cdot \sqrt{n},$$

где a и b — расстояния между соседней парой скважин;
 n — количество пар разведочных выработок, огибающих границу.

На рис. 6 показана граница моренных и озерно-ледниковых отложений для случая, когда одна скважина встретит моренные отложения, а другая — не встретит. Ошибка определения площади моренных отложений при составлении инженерно-геологической карты масштаба 1:2000, при условии, что скважины проведены по сетке 250×250 м и в пределах планаэта граница огибается шестью парами скважин, составит

$$M_s = \pm \frac{1}{8} 250 \cdot 250 \sqrt{6} \approx \pm 26 \text{ тыс. м}^2.$$

При данной контуре в 1200 м линейная ошибка построения $\pm 3,0$ м.

На меньший интерес представляет решение обратной задачи. Заданная допустимой погрешностью определения площади, можно установить необходимое расстояние между выработками на границе картируемых пород. Например, если для случая, изображенного на рис. 6, известно, что на этом участке проектируются жилые дома нестандартной ориентации с шириной (по торцу здания) 20 м, и конструкция фундаментов будет принципиально различной на моренных и озерно-ледниковых отложениях, то целесообразно принять за допустимую погрешность определения контура площадь зданий, размещаемых вдоль линии контура. При длине здания контура (с учетом разрыва между зданиями) в 800 м и ширине заданной 20 м M , равна 16 000 м². Принимая квадратную сетку, т. е. a равно b , имеем

$$M_s = \pm \frac{1}{8} a^2 \sqrt{n} \text{ или } a = \sqrt{\frac{8M_s}{\sqrt{n}}}.$$

Для нашего примера $a = \sqrt{\frac{8 \times 16000}{\sqrt{6}}} \approx 200$ м. Следовательно, сетку скважин вдоль контура необходимо задать 200×200 м при более редкой сетке на остальном участке.

На рис. 7 представлен график зависимости расстояний между скважинами от допустимой ошибки измерения площади и количества пар скважин. По этому графику легко решаются как прямая задача (определение M_s), так и обратная (определение n).

Если сетка не квадратная (но близкая к ней), то имеют значение a^2 (принятое для случая a равно b) и заданные значениями a , определяются и значения b , принимая, что $a^2 = a \times b$.

Выделение на карте различных групп и подгрупп пород связано с точностью статистического разделения пород на инженерно-геологические элементы (например, разделение тугопластичными и мягкопластичными разновидностями, дифференциация по результатам зондирования и т. д.) и с точностью омониторинга этих элементов. Задачу можно рассматривать по аналогии с задачей о точности составления, например, топографического плана, зависящей от точности классификации, нанесении этих точек на план и наведения вариантами.

В целом следует признать вопрос о точности составления инженерно-геологических карт еще нуждающимся в разработке.

Точность картирования значительно возрастает, если картируемые элементы морфологически выражены в рельефе, например ярко выраженный моренный рельеф, изоморфные карт-проявления и т. д.; это необходимо отражать обычными топографическими методами съемки.

3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗВЕТКА

Выделение инженерно-геологических элементов. Инженерно-геологическая разведка проводится в соответствии с требованиями СНиП А.13—03, с целью исключения инженерно-геологической вариативности в сфере влияния сооружений на грунт. Это определением было сформулировано Н. В. Колосовским [27], который под инженерно-геологической разведкой понимает «комплекс инженерно-геологических работ, проводимых в пределах сферы воздействия сооружений на горные породы». Основания инженерно-геологических условий следует вести с полнотой, достаточной для проектирования сооружений и прогноза его поведения при строительстве в эксплуатации [8].

Введение в практику инженерно-геологических замыслов понятий «инженерно-геологическая элемент», «инженерно-геологическая разведка» и инженерно-геологическое опробование может быть успешным лишь при условии тесной связи этих понятий с видами и стадиями проектных работ.

Следует считать, что инженерно-геологическая разведка является тогда, когда известны (хотя бы предварительно) контуры проектируемых сооружений и их конструктивные решения. Она характеризуется применением самого широкого набора методов, лабораторных и полевых методов. В ряде случаев, особенно при одностадийном проектировании, инженерно-геологическая разведка проводится без предшествующих составных работ.

Основные задачи при инженерно-геологической разведке следующие:

выделение условий залегания пород, гидрогеологических условий, физико-геологических процессов;

выделение инженерно-геологических элементов;

изучение состава и физико-механических свойств грунтов.

Выделение инженерно-геологических элементов является частью всей работы, так как включает выделение в пространстве геологических тел, обладающих определенными инженерно-геологическими свойствами.

Н. М. Коломенский [27] по инженерно-геологическим элементам понимает также геологические тела (линии, слои, прослои и др.), для которых можно получить усредненные индивидуальные значения показателю физико-механических свойств пород. На этом основании вытекает, что объем и характер инженерно-геологического элемента зависят от принятых индивидуальных показателей физико-технических свойств пород. Так, в пределах генетически однородного геологического тела (например, кварцево-песчаные глины) объем инженерно-геологического элемента может быть разбитым в зависимости от того, какой из показателей состава, свойств, состояния, либо комплексом показателей (степень пластичности, пористость, объемная влажность, прочность, деформационные характеристики и т. д.) принят.

При выделении инженерно-геологических элементов, либо слоев элементов, очень важно соблюдать условные единства расчетной модели, т. е. обладать явными конструктивными особенностями сооружений. Принятые выделения инженерно-геологических элементов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Принципы выделения инженерно-геологических элементов

| Критерии | Примеры |
|--|---|
| Генетический тип Литологическая разнородность Состояние Показатели свойств, используемые различными элементами расчета сооружений: | Нерасклевываемые Суглинки Глинистые |
| прочность | При расчетах по первому и второму предельным состояниям |
| деформативность | При расчетах по второму предельному состоянию |
| проницаемость | Только для проницаемых грунтов |
| совместная работа слоя и грунта (сопротивление грунта опорами в плоскости винтовых опор и на боковой поверхности слоя) | При проектировании свайных фундаментов |
| углубокие характеристики пород | При проектировании сооружений с динамическими нагрузками и др. |
| Специальные характеристики (коэффициент фильтрации, водоупорность и т. д.) | В зависимости от конкретных требований и специфики проектируемых сооружений |

Однако, часто возникают сложности при выделении инженерно-геологических элементов таких соотношений как: например, гравитационный, аэрозольный, статический, представляющий перемещаемым раскато-гидравлическим порода и др., а также при большой вариативности состояния пород, например незначительная компрессия или растяжение в пределах гравитационно и аэрозольно-статического слоя. В этих случаях выделять отдельные элементы на основании незначительных изменений отображения этих элементов на графическом материале и недостаточного количества показателей, объективно характеризующих состояние пород.

На рис. 2 видно, что детальность выделения инженерно-геологических элементов зависит от критериев, положенных в основу выделения. Поэтому понятие инженерно-геологического элемента должно быть гибким, отвечающим конкретной задаче инженерно-геологической работы. Это возможно лишь при комплексном учете всех геологических факторов, так в модели работы проектируемого сооружения.

При выделении инженерно-геологических элементов необходимо учитывать возможные изменения естественных условий от влияния сооружений. Например, химический состав вод, изменяемый промышленными предприятиями, может существенно изменить интенсивность карстовых процессов и т. д. В этом случае различные разломы пород, существующих пород, по-разному реагируют на состав промышленных вод, должны быть выделены в отдельные слои.

На рис. 3 показана схема выделения инженерно-геологических элементов для участка проектируемого строительства производственного здания на столбчатых фундаментах. Выделение инженерно-геологических элементов проведено по геологическому и литологическому признакам для всех слоев. Слой торфа и озерно-ледниковых пород дополнителен по показателям свойств не разделяется, так как сам является инженерно-геологическим элементом, а слой глины и известняков разделяется на инженерно-геологический элемент по составу (консистенция), что позволяет выделить различные показатели прочностных и деформационных свойств. Выделение в основании разреза морских глин твердой консистенции выделено лишь как литологическая разновидность, а не в инженерно-геологический элемент, так как этот слой не играет существенной роли в модели работы основания.

На рис. 4 выделены инженерно-геологические элементы для участка проектируемого строительства жилого дома на свайных фундаментах. Так как статическое оседание почв, что связано с консолидацией озерных тушинок не существенны и этот слой не может служить основанием для свай, выделены инженерно-геологические элементы проведено по геологическим типам и литологическим разновидностям. Расчеты по консолидации текучих

и текуче-пластичных осерно-глинистых суглинков, так же как и полутвердых и твердых морских глин, не вносит в этом случае существенных корректур в модель работы основания.

И. С. Кожаров [28] рассматривает выделение инженерно-геологических элементов путем трансформации структурно-геоморфической модели в структурно-механическую (геотехническую) модель. Выделенные, таким образом, части разреза рассматриваются им как однородные и изотропные элементы структурно-механической (геотехнической) модели, которые можно охарактеризовать одними нормативными или расчетными значениями показателей.

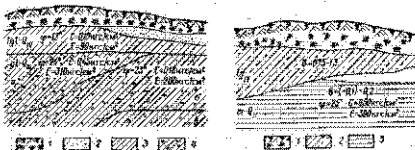


Рис. 8. Схема выделения инженерно-геологических элементов для зданий на скалистом основании.

1 — профиль; 2 — осерно-глинистые пески; 3 — осерно-глинистые глины метаморфизованные; 4 — морские (а) и континентальные (б) глины метаморфизованные (в).

Рис. 9. Схема выделения инженерно-геологических элементов для зданий на свайном фундаменте.

1 — профиль; 2 — осерные суглинки континентальной метаморфизации; 3 — морские глины метаморфизованные и осерные метаморфизованные.

При выделении инженерно-геологических элементов рассматриваются: а) проверка соответствия принятого геологического расчленения требованиям выполняемых расчетов; б) оценка однородности выделенных элементов разреза по учитываемым в расчете механическим свойствам; в) установление одних параметров механических свойств пород в пределах выделенных инженерно-геологических элементов.

Н. В. Колосменский [27] показывает на примере тонкого слабого глинистого прослойка, заключенного в породах основания, различный подход к необходимости выделения этого прослойка как инженерно-геологического элемента. Для расчетов по осадкам прослойки как отдельный элемент можно не рассматривать, так как он существенно по увеличит общую осадку здания, если в этих же условиях рассматривать сооружение (например, плотины), имеющее горизонт-

тальным усилием, при которых по слабому прослойку может произойти сдвиг, выделение и извлечение его обязательно.

Принципиальную схему выделения инженерно-геологических элементов необходимо предусматривать в проекте работ и уточнять по мере прохождения первых выработок.

Обобщенные показатели для выделенного инженерно-геологического элемента должны устанавливаться по правилам математической статистики, а диапазон изменений показателей принимается для определенной достоверной вероятности в зависимости от стадии исследований и ответственности сооружений.

Выбор методики работ. В зависимости от характера проектируемого сооружения (производственный корпус, жилое здание, трасса водопровода и т. д.), либо защитного мероприятия (укрепление откоса, дренаж и т. д.) и естественно-геологических условий района выбирается методика инженерно-геологической разведки. Как правило, для участков, где назначается инженерно-геологическая разведка, имеются более или менее подробные сведения о геологическом строении на глубину не менее 20—50 м по материалам инженерно-геологической, либо геологической съемки, бурения гидрогеологических скважин, предыдущих инженерно-геологических работ и т. д.

Исходя из геолого-литологических условий и характера проектируемых сооружений с учетом производственных возможностей и существующих требований производится предварительное назначение видов работ: горно-буровые, геофизические, опытные колеи и лабораторные.

Общие рекомендации по назначению видов работ приведены в табл. 8.

Размещение горно-буровых выработок, точек производства опытных и геофизических работ является очень важным вопросом, еще недостаточно изученным.

На систему размещения выработок влияют: геолого-литологическое и геоморфологическое строение района, характер проектируемых сооружений, цель производства работ, стадия проектирования объекта (наличие или отсутствие контуров проектируемых сооружений), доступность и условия проходки местности, затронутость территории строящимися материалами, существующими (подлежащими сносу) строениями, линиями подземных коммуникаций и др.

В табл. 9 и на рис. 10 представлены существующие системы размещения выработок при поисковых для промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства.

При больших объемах разведочных работ целесообразно применять методику постепенного сужения сети, в disregard проектного размещения выработок в зависимости от текущих результатов работ.

Г. К. Бендарик [8] предлагает решать этот вопрос исходя из основных положений теории изменчивости состава и свойств пород.

Для инженерно-геологической разведки им вводится понятие «регулярные системы опробования», т. е. системы, в которых точки измерения геологических параметров (горно-буровые выработки, места проведения полевых испытаний, точки отбора образцов) свободно расположены внутри некоторых участков, в центры этих участков разбиты по геометрии или правильным сеткам. Следует согласиться с постановкой задачи определения оптимального количества выработок, исходя из необходимости оптимального опробования на одном (или нескольких) из различных показателей состава и свойств,

Рис. 10. Схема систем размещения выработок

а — квадратная сетка 250×250 м по участку вертикальной выработки; б — разбитые точки отступов 100 м по участку заложения первой скважины; в — прямоугольная сетка 40×40 м по участкам многоточечных выработок; г, д — произвольные выработки по произвольной разбивочной базе и ориентации в каждой точке; е — сетка, ориентированная по географическим координатам на участке изометрического заложения; ж — произвольная линия по трассе заложения с произвольным шагом, зависящим от географических условий



но для этого необходимо знать статистические характеристики изучаемого показателя. Сложность реализации задачи заключается в том, что каждая выработка имеет многоцелевое значение (геодото-литологическое разделение, выявление гидрогеологических условий, опробование и др.).

В настоящее время наряду с проделкой горно-буровых выработок при инженерно-геологической разведке широко применяются проходка точек статического зондирования, пенетрационно-каротажные и геофизические работы, что позволяет существенно сократить объем дорогостоящих и длительных горно-буровых работ.

Часть точек опытных и геофизических работ (не менее 10—30%) следует располагать непосредственно у горно-буровых выработок, остальные точки целесообразно размещать вне горно-буровых выработок и тем самым получать дополнительную информацию по инженерно-геологической разведке. На рис. 10 представлены схемы расположения выработок.

Следует отметить, что вопрос о количестве горно-буровых выработок и полевых опытных работ теоретически решен крайне недо-

Системы разработки выработок

| Система разработки | Разновидности выработок внутри системы | Условия применения |
|---|--|---|
| Геометрически правильные выработки | Квадратные | При симметричном телометалургическом строении, в пределах одного изоморфногенного элемента, для отсутствия деформаций дефи в пределах боковой контуры |
| | Прямоугольные | Вдоль вытянутого гоморфногенного элемента, в пределах вытянутого прямоугольного контура сооружения |
| | «Наливные» (ромбические) | При несложном телометалургическом строении в невыраженных гоморфногенных условиях, в пределах сложного контура сооружения |
| Геометрически неправильные выработки | По гоморфногенным контурам | При сложных гоморфногенных условиях, для выработки выработок, имеющих участки, в которых нет и др. |
| | По контурам проектируемого элемента | При наличии в пределах контура резко различия условий конструкции в пределах контура сложной конфигурации |
| Разведочно-линейные (створы) | С равномерным шагом | При симметричном телометалургическом строении, для линейных сооружений и др. |
| | С неравномерным шагом | При сложном гоморфногенном строении, для уточнения системы для линейных работ, при сложном характере телометалургического строения |
| Однородные, линейно-групповые выработки | | Под стандартным сооружением линейного типа (башня, выработка, труба), характерные условия, характерные выработки и т. д. |
| Комбинированные системы | Сложные | При сложном телометалургическом строении, на больших по площади участках |

статично и в настоящее время количество выработок определяется в основном требованиями нормативных документов (нормативный метод), либо субъективным опытом производителя работ (субъективный метод).

В качестве примера рассмотрим инженерно-геологическую разведку, выполняемую для проектирования промышленного объекта.

Работы относятся к району с развитым карстом карбонатного типа. При инженерно-геологической съемке масштаба 1 : 5000,

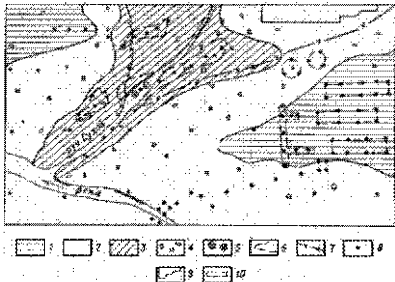


Рис. 11. Схема инженерно-геологического районирования и картографического района

1 — район общего обводнения; 2 — район течения подземных вод; 3 — район развития карста; 4 — район развития карста и развития карста; 5 — район развития карста и развития карста; 6 — район развития карста и развития карста; 7 — район развития карста и развития карста; 8 — район развития карста и развития карста; 9 — район развития карста и развития карста; 10 — район развития карста и развития карста.

выполняемой с применением бурко-проходческих и геофизических работ, по поверхностным формам карстопроизведения выделяем три района: наиболее благоприятный для строительства, условно благоприятный и неблагоприятный (сложный) для строительства (рис. 11). В основу районирования был положен комплекс факторов, включающих геолого-литологическое строение районов и проявления карстовых процессов.

Инженерно-геологическая разведка включала бурение скважин с проходкой шурфов по сетке 50×50 м и осущении скважин до 20×20 м в контурах проектируемых ответственных сооружений. Глубина выработок назначалась с учетом прохождения руды карстовыми известняками. Особое внимание уделялось изучению трещиноватости, наводненности и закарстованности пород, гидрогеологиче-

скому режиму участка. При районировании территории выделялись районы по плотности распространения карстовых воронок и подрайоны по характеру глубины и другим параметрам воронок. При изучении карстостей, вскрытых бурением, особое внимание уделялось изучению характера и состава пород, заполняющих полости. Необходимо также оконтуривать и выделять подрайоны по признакам карстопроявлений, вскрытых выработками и не имеющими выражения в рельефе. Изучение литического состава вод, образующихся в соседних действующих промышленных предприятиях, показало, что эти воды являются агрессивной средой по отношению к карстующимся породам. Учитывая, что часть этих вод за счет различных утечек попадает в район проектируемых сооружений, выделял контур распространения промышленных вод. Особое внимание уделялось тщательному тампонажу и цементации пройденных выработок.

Опытные полевые работы проводились с целью получения механических свойств пород, трудно поддающихся изучению лабораторными методами (доломитовая мука, разрушенный известняк и др.).

Несколько при инженерно-геологическом разведке в этом сложном районе на площади 3,2 км² выполняло: проходка горно-буровых выработок 11,4 тыс. пог. м; геофизические работы (методы НЗЗ и ЛВЗЗ) 2 тыс. точек; опытные нагрузки грунтов штампами 17 опытов; опытные откачки и наказы 11 опытов; лабораторные исследования 406 проб пород, химические анализы вод 88 анализов.

4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ

Оценка изменчивости состава и свойств пород. Инженерно-геологическое опробование проводится с целью получения характеристик состава и физико-механических свойств пород, состава и свойств грунтовых вод, изучения закономерностей изменения состава и свойств пород и вод в пространстве и во времени от природных и искусственных факторов.

По Г. К. Бодарику [8], инженерно-геологическое опробование — это комплекс последовательных операций по измерению для определения состава, состояния и свойств пород с требуемыми точностью и надежностью.

От успешного проведения инженерно-геологического опробования зависят:

обоснованность выбора оснований зданий и сооружений (т.е. фундаментов);

достоверность нормативных и расчетных характеристик грунтов (параметры фундаментов; глубина заложения, размеры и т. д.);

надежность строительства и эксплуатации зданий и сооружений (обоснование условий сохранения устойчивости и допустимой деформации строительных конструкций);

экономическая обоснованность строительства нулевого цикла и дополнительных мероприятий по антикоррозийной, антиагрессивной защите и т. д.

выбор оптимальных решений по организации строительных работ, что влияет на стоимость и сроки строительства (определение строительных групп пород, методов осущения и дренажа котлованов, выбор замерочных механизмов и т. д.).

В инженерно-геологическое опробование входят:

а) определение системы пространственного размещения точек отбора проб и мест проведения опытных работ; б) отбор, упаковка, транспортировка и хранение проб; в) лабораторные и полевые исследования состава и свойств пород; г) обработка материалов исследований.

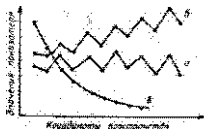


Рис. 12. График инженерно-геологической изменчивости горных пород (по Н. В. Колмакскому, 1956 г.)

1 — скачкообразная изменчивость; 2 — плавная изменчивость; 3 — функциональная изменчивость.

Инженерно-геологическое опробование зависит от многих факторов, среди которых основными являются: геолого-литологическое строение, условия залегания, степень изысканий, характер и масштабность проектируемых сооружений, предлагаемый тип фундаментов, методы проектирования оснований и фундаментов и др.

Отсутствие обоснованных рекомендаций по опробованию является в ряде случаев основной причиной низкого качества инженерно-геологических работ. Объективная трудность при составлении рекомендаций по опробованию заключается в том, что система и параметры (количество проб) опробования зависят от изменчивости горных пород в пространстве, которая выявляется в процессе опробования. Задача существенно образом облегчается при исследовании грунтов, для которых степень изменчивости состава и свойств выявлена более ранними работами.

Н. В. Колмакский [27] выделяет три типа закономерностей инженерно-геологической изменчивости пород (рис. 12).

Классификацию изменчивости (табл. 10), удобную для построения математической модели при большом количестве определений, предложил В. П. Оглоцкий [45]. Исходя из теории случайных функций, он выделяет:

а) изменчивость средних значений \bar{x}_i в зависимости от пространственной координаты i — математическим ожиданием случайной функции $x(i)$;

б) изменчивость среднеквадратических отклонений S_i в зависимости от i — среднеквадратическим отклонением случайной функции $S(i)$;

Таблица 10
Классификация некоррелирующей изменчивости
(по Е. П. Огонченко)

| Тематическая единица | Классификационные условия | Название тематическое | Символ |
|----------------------|--|---|---------------------|
| Тип | $x(i) \sim const$ $x(i) \neq const$ | Стабильная Нестабильная | с н |
| Класс | $S(i) \sim const$ $S(i) \neq const$ | Синхронная Асинхронная | о а |
| Вид | $r_x = 0$ $r_x = f(\Delta t)$ $r_x = f(i_x, i_y)$ $r_x = 1$ | Некоррелирующая Просто коррелирующая Сложно коррелирующая Функциональная | нк лк ск ф |

а) изменчивость коэффициентов корреляции r_x между сечением (выработками) и зависимости от их координат i_x, i_y , как от расстояния между ними Δt — это коррелирующей функцией случайной функции $r_x(i_x, i_y)$ или $r_x(\Delta t)$.

Г. К. Бондарик [8] разработал схему классификации пространственной изменчивости состава и свойств пород, связанную с геологическими условиями формирования объектов.

На рис. 13 представлен график изменчивости значений коэффициента пористости с глубиной (по данным проходки шести скважин) для мерной суеи района Светлогорска. Для графика в целом отмечается скачкообразная неэкономерная изменчивость, однако с глубиной более трех метров изменчивость приобретает стационарный режим (по Г. К. Бондарю) или возмущенную неоднородную изменчивость (по В. П. Огонченко).

Другой режим изменчивости показателей можно отметить по участку строений дамбы в одном из районов Архангельской области (рис. 14). Влажность, определяемая по скважинам, пройденным по трехкилометровому участку откосной дамбы, имеет скачкообразную неэкономерную изменчивость или квазифункциональный нормальный режим изменчивости.

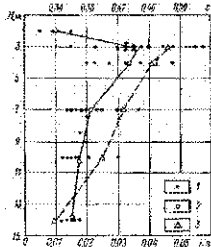


Рис. 13. Изменчивость коэффициента пористости с глубиной

1 — данные скважины коэффициента пористости; 2 — данные скважины коэффициента пористости; 3 — данные скважины коэффициента пористости

Общепринятой оценки однородности показателей состава и свойств пород не существует. Наиболее принято оценивать однородность пород по величине среднего квадратического отклонения σ и коэффициента вариации v по формулам

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%,$$

где \bar{x} — среднее значение n показателей,

x_i — частные значения показателей.

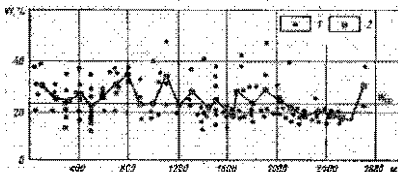


Рис. 14. Изменчивость относительной влажности по длине талых дождей
1 — частные значения относительной влажности; 2 — средние значения относительной влажности

Е. И. Коломенский предложил в качестве показателя инженерно-геологической однородности пород K частное от деления среднего квадратического отклонения σ на абсолютную величину разности среднего значения \bar{x} показателя и ближайшего к нему красного значения классификационного интервала $B_{1,2}^I$

$$K = \frac{\sigma}{|x - B_{1,2}^I|}$$

М. М. Максимов [35] оценивает однородность по показателю неоднородности (ПН) по формуле

$$\text{ПН} = \frac{\sigma}{\bar{x}},$$

где σ — допускаемая ошибка при определении.

Н. В. Коломенский (1956 г.) приводит по Е. И. Медкову показатель выдержанности K_2 , равный частному от деления среднего значения показателя $\sigma_{\text{ср}}$ наиболее сильно отличающегося от общего среднего показателя, на среднее для всего инженерно-геологического элемента (4)

$$K_2 = \frac{\sigma_{\text{ср}}}{\bar{x}}.$$

Г. К. Бондарик (1968 г.) предлагает использовать показатели однородности породы по какому-либо свойству K_n по формуле:

$$K_n = \frac{\sum \bar{x}_i}{n \bar{x} (z)},$$

где $\sum \bar{x}_i / n$ — среднее арифметическое, подсчитанное по частным средним, взятым по сетке случайных чисел;

$n(z)$ — математическое ожидание.

Каждый из предложенных методов обладает определенными недостатками. Так, М. М. Мансийков не дает рекомендаций по определению категории однородности; Е. П. Коломенский предложена классификация, основанная на использовании классовых интервалов, которые являются далеко не для всех показателей, и т. д.

Предварительную оценку однородности слон по каждому из выделенных показателей можно проводить, используя t -критерий (одномерный критерий Гробиуса [67])

$$t = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{s_{\text{см}}} \quad \text{либо} \quad t = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s_{\text{см}}},$$

где \bar{x} — среднее значение;

x_{\max} , x_{\min} — максимальный и минимальный члены выборки;

$s_{\text{см}}$ — смещенная оценка среднеквадратической ошибки, определенная по формуле

$$s_{\text{см}} = s \sqrt{\frac{n-1}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}.$$

Критерий Гробиуса вычисляют для максимального значения члслстола. Чем меньше значение t , тем более однороден слон по исследуемому показателю. Если вычисленное значение t не превышает предельного, принимаемого по табл. 11 для заданной доверительной вероятности p и при объеме выборки n , то минимальный (максимальный) член выборочной совокупности следует считать принадлежащим той же генеральной совокупности, что и остальные члены выборки. Если $t > t_{\text{доп}}$, то соответствующий крайний член вариационного ряда следует считать аномальным.

Преимущество t -критерия в том, что он учитывает не только заданный уровень доверительной вероятности, но и объем исследуемой выборочной совокупности, что особенно важно при малых выборках. Однако следует отметить, что характеристика однородности слон по этому критерию используется лишь для сравнительной оценки различных слон.

Если обозначить $x_{\max} - \bar{x}$ и $\bar{x} - x_{\min}$ через Δ , т. е. $\Delta = \max \{x_{\max} - \bar{x}, \bar{x} - x_{\min}\}$, тогда $t = \Delta / s_{\text{см}}$.

Классификация однородности исследуемого показателя в зависимости от значений доверительной вероятности p приведена в табл. 12.