

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВО И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Е.Г.Мурашова

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИЗЫСКАНИЯ**

Учебное пособие

БЛАГОВЕЩЕНСК
Издательство ДальГАУ
2013

УДК 624.131.1

Мурашова Е.Г.

Инженерно-геологические изыскания : учебное пособие /

Е.Г.Мурашова. – Благовещенск : Изд-во ДальГау, 2013 . – 134 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы инженерно-геологических изысканий и исследований для различных видов строительства, использования строительных материалов, подземных вод и вопросы охраны природной среды.

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями действующего Государственного образовательного стандарта и программы, рекомендованной Министерством образования России по направлению подготовки студентов 270102.65 «Промышленное и гражданское строительство», 270800.62 «Строительство».

Рецензент – Окладникова Е.В. к.т.н, доцент

Рекомендовано к изданию методическим советом факультета строительства и природообустройства Дальневосточного государственного аграрного университета «__» мая 2013 г.

ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геологические изыскания - составная часть инженерных изысканий для строительства, порядок проведения которых регламентируется нормативным документом в строительстве «Строительными нормами и правилами» СНиП 11-02—96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». Данный документ определяет порядок, состав, объём и виды выполняемых работ изысканий для различных этапов проектирования, строительства и эксплуатации объектов в различных геологических обстановках, а также состав документации по результатам изысканий, порядок их предоставления и приёмки, а также ответственность исполнителей и заказчиков (проектировщиков).

Инженерно-геологические изыскания выполняются при проектировании различных зданий, сооружений и их комплексов. В необходимых случаях они могут быть продолжены в период строительства, эксплуатации, реконструкции и ликвидации объектов.

В последнее время значительное место в строительной практике занимает вопрос реконструкции, перепрофилирования и реставрации зданий и сооружений, как правило, в пределах существующей городской застройки. Это накладывает особую ответственность на инженеров-геологов, которые должны оценить степень изменений в геологической среде за период эксплуатации зданий и сооружений и выработать рекомендации по дальнейшим проектным решениям в связи с изменившейся геологической обстановкой.

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОСТАВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

1.1. Инженерно-геологические изыскания

Инженерно-геологические изыскания - производственный процесс получения, накопления и обработки инженерно-геологической информации для обеспечения строительного проектирования исходными данными об инженерно-геологических условиях района (площадки, участка, трассы).

Под инженерно-геологическими условиями понимается совокупность компонентов геологической среды, которые могут оказать влияние на проектируемые здания и сооружения (рельеф и геоморфология, геологическое строение, подземные воды, состав, состояние и свойства грунтов, опасные геологические процессы).

Цель инженерно-геологических исследований - получить необходимые для проектирования объекта инженерно-геологические материалы, так как ни один объект нельзя построить без этих данных.

Задача исследований - изучение геологического строения, геоморфологии, гидрогеологических условий, природных геологических и инженерно-геологических процессов, свойств горных пород и прогноз их изменений при строительстве и эксплуатации различных сооружений.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 19 января 2006 г. № 20, к основным видам инженерных изысканий, отнесены и «Инженерно-геотехнические» изыскания. Установлено также, что «содержание работ, осуществляемых в ходе инженерных изысканий как основных, так и специальных видов, определяется Министерством регионального развития Российской Федерации по согласованию с Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору».

Одной из важнейших задач инженерно-геологических изысканий является прогнозирование возможных изменений в сфере взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой.

В состав инженерно-геологических изысканий входит следующий основной комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ: сбор и анализ имеющихся геологических материалов по району строительства; дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов и аэровизуальные наблюдения; маршрутные наблюдения (рекогносцировочное обследование), буровые и горнопроходческие работы; геофизические исследования; опытные полевые работы; стационарные наблюдения; лабораторные исследования грунтов и подземных вод; камеральная обработка собранных материалов и составление отчёта.

В необходимых случаях в состав инженерно-геологических изысканий могут быть включены и другие виды работ, например, обследование грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений.

Объем и содержание инженерно-геологических изысканий в каждом конкретном случае зависит от:

1) категории сложности инженерно-геологических условий района (простых, средней сложности и сложные):

I категория - участки с простой геологией; слои залегают горизонтально; несущая способность грунтов не вызывает сомнения; грунтовые воды под фундаментами залегают ниже активной зоны; мощность насыпных грунтов не превышает 2 м;

II категория — участки средней геологической сложности; толща сложена из 4-5 литологически различных слоев в виде складок; грунтовые воды залегают в пределах активной зоны; мощность насыпных грунтов составляет 3-4 м;

III категория - участки геологически сложные; расположены в пределах пересеченного рельефа; толща многослойная; залегание слоев складчатое; нарушенное; грунтовые воды залегают выше подошвы

фундаментов; активная зона содержит грунты типа ила, торфа; мощность насыпных грунтов превышает 4 м; на участке развиты природные геологические явления.

2) степени их изученности;

3) стадий (этапов) проектирования

4) вида (назначения) зданий и сооружений (трасс) и уровня их ответственности.

В состав инженерных изысканий, помимо инженерно-геологических, входят другие виды изысканий: (рис.1)

- инженерно-геодезические (получение топографо-геодезических материалов, данных о рельефе местности и др.),

- инженерно-гидрометеорологические (климатические условия, гидрологический режим рек и др.),

- инженерно-экологические (оценка и прогноз современного экологического состояния),

- изыскания грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод (с потребностью в хозяйственно-питьевой воде до 1000 м³/сут.).

Кроме того, к инженерным изысканиям для строительства относят следующие специальные работы:

- геотехнический контроль;

- обследование грунтов оснований фундаментов зданий и сооружений;

- локальный мониторинг компонентов окружающей среды; геодезические, геологические и другие сопутствующие работы в процессе строительства, эксплуатации и ликвидации объектов;

- обоснование мероприятий по инженерной защите территорий и другие виды работ.



Рис. 1. Основные виды инженерных изысканий для строительства

Согласно ГОСТ 27751—88, устанавливается три уровня ответственности зданий и сооружений:

1 - повышенный (главные корпуса АЭС, уникальные здания и сооружения и др.);

II - нормальный (объекты массового строительства)

III - пониженный (временные здания, склады, парники и др.).

Наиболее значительные объёмы буровых, опытных и других видов работ выполняют при инженерно-геологических изысканиях для строительства зданий и сооружений повышенного уровня ответственности в *сложных инженерно-геологических условиях*. Например, на участках с сильно расчленённым рельефом, с горизонтами подземных вод, не выдержанных по простиранию и с непостоянным химическим составом, с широким распространением специфических грунтов и опасных геологических процессов, в зонах с активным техногенным воздействием.

Инженерно-геологические изыскания для строительства выполняются в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП), сводами правил (СП), государственными стандартами (ГОСТ), а также ведомственными строительными нормами (ВСН) и инструкциями.

При строительстве важнейшим является прогноз взаимодействия проектируемого здания и сооружения с геологической средой. Инженерно-геологические условия строительства на территории нашей страны очень разнообразны. Столь же многообразны назначение и конструктивные решения проектируемых объектов, поэтому производство инженерно-геологических изысканий для различных видов строительства имеет ряд своих, специфических особенностей.

Однако, несмотря на специфику отдельных видов строительства, основными задачами инженерно-геологических изысканий для всех видов строительства являются:

- составление программы изысканий;
- изучение инженерно-геологических условий, влияющих на выбор строительной площадки (трассы), размещения на них конкретных сооружений, расчета их конструкции, режима эксплуатации и др.;
- выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ) и получение нормативных и расчетных характеристик грунтов, необходимых для выбора несущего основания, типа и глубины заложения фундаментов, способов производства строительных работ и др.;
- получение необходимой для оптимального проектирования объекта исходной гидрогеологической информации (типы и глубина залегания подземных вод, химический состав и агрессивность подземных вод, направление и скорость движения, фильтрационные параметры водоносных пластов, режим и др.);
- оценка и прогноз развития опасных геологических процессов, влияющих на устойчивость проектируемых зданий и сооружений; разработка мер инженерной защиты;
- обеспеченность района строительства необходимыми местными строительными материалами и источниками водоснабжения; при недостаточности обеспеченности - поиски их и разведка;

- сведение к минимуму негативного влияния производства инженерно-геологических изысканий на окружающую природную среду (экологические системы, природные ландшафты и природные комплексы);

- представление отчётов об инженерно-геологических изысканиях для обоснования предпроектной, проектной и другой документации, с аргументированными выводами и рекомендациями, необходимыми текстовыми и графическими приложениями.

Инженерно-геологические изыскания должны проводиться с использованием современных методов и средств в минимально короткие сроки при минимальных затратах труда и материальных средств. В процессе производства изысканий должен выдерживаться принцип «обязательности координированной и равноправной деятельности и совместных решений инженера-геолога, проектировщика и строителя» (Г. С. Золотарев, 1990).

1.2. Договор (контракт), техническое задание и программа инженерно-геологических изысканий

Основанием для производства инженерно-геологических изысканий является *договор (контракт)* между Заказчиком (финансирующей, проектной или строительной организацией) и Исполнителем инженерно-геологических изысканий. Обязательными приложениями к договору должны быть техническое задание, календарный план работ и смета, а при наличии требования Заказчика и программа инженерно-геологических изысканий.

Техническое задание на выполнение инженерно-геологических изысканий составляется Заказчиком и передается в изыскательскую организацию.

В техническом задании указываются местоположение площадки или трассы предполагаемого строительства, вид проектируемого сооружения, стадийность (этап) проектирования, конструктивные особенности

проектируемых зданий и сооружений, намечаемый тип фундаментов (свайный, плита, ленточный), этажность, наличие мокрых технологических процессов, подвальных помещений, допускаемые величины деформаций, предполагаемая нагрузка на грунты основания и другие сведения.

Для трасс коммуникаций указывается предполагаемая глубина их заложения, протяжённость, диаметр и материал трубопроводов и др.

В техническом задании не допускается устанавливать состав, объём и методику производства инженерно-геологических работ, расположение буровых и шурфов, их глубину и т. п. Все это определяется изыскательской организацией и отражается в программе, которая затем должна быть согласована с Заказчиком.

Программа инженерно-геологических изысканий устанавливает состав, объёмы, методы и последовательность инженерно-геологических исследований. Её содержание определяется видом строительства, уровнем ответственности сооружений, сложностью инженерно-геологических условий и стадией проектирования.

При небольшом объёме намечаемых инженерно-геологических работ (несложные объекты II и III уровня ответственности, простые инженерно-геологические условия, высокая степень геологической изученности) допускается взамен программы составление **технического предписания** на производство изысканий.

В настоящее время право на выполнения инженерно-геологических изысканий имеют юридические и физические лица (независимо от форм собственности), обладающие соответствующими **лицензиями** на их производство. Лицензия выдаётся Федеральным лицензионным центром при Минстрое России на ограниченный срок (не более 5 лет).

Инженерно-геологические изыскания для строительства объектов I уровня ответственности (уникальные здания и сооружения, магистральные трубопроводы и др.) выполняются, как правило, специализированными проектно-изыскательскими организациями. Основной объём инженерно-

геологических изысканий на территории Российской Федерации выполняют региональные тресты инженерно-строительных изысканий (ТИСИЗы).

Выполнение инженерно-геологических изысканий без программы или предписания не допускается. На их производство Заказчиком должно быть получено разрешение (регистрация) в территориальных органах исполнительной власти - центре по инженерным изысканиям при областной архитектуре. Основанием для выдачи разрешения, помимо программы или предписания, являются лицензия, техническое задание и смета на производство работ.

Материалы инженерно-геологических изысканий, передаваемые Заказчику в виде технического отчёта, подлежат обязательной государственной экспертизе.

Контрольные вопросы:

- 1. Назовите уровни ответственности зданий и сооружений.*
- 2. Каковы задачи инженерно-геологических изысканий?*
- 3. Какой документ служит основанием для производства инженерно-геологических изысканий?*
- 4. В каком случае допускается взамен программы составление технического предписания на производство изысканий?*
- 5. Какие работы в инженерных изысканиях для строительства относят как специальные?*
- 6. От чего зависит объём и содержание инженерно-геологических изысканий в каждом конкретном случае?*
- 7. Кто имеет право на выполнения инженерно-геологических изысканий и на каких основаниях?*

Глава 2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Инженерно-геологические изыскания выполняются последовательно, по этапам, в соответствии со стадиями проектирования. Основные этапы комплексных исследований: рекогносцировка, съёмка и разведка. При этом выдерживается общий принцип проведения геологических работ, когда от этапа к этапу сокращается площадь исследований, но увеличивается детальность.

2.1. Инженерно-геологическая рекогносцировка

Рекогносцировка предшествует съёмке и проводится для предварительной оценки инженерно-геологических условий района строительства для обоснования предпроектной документации. Рекогносцировка может не проводиться, если имеется достаточное количество архивных и фондовых геологических материалов.

В задачу инженерно-геологической рекогносцировки входит предварительное выявление типов рельефа и геоморфологических элементов. Уточнение собранных геологических материалов. Осмотр и описание имеющихся обнажений горных пород, в том числе карьеров, строительных выработок, выходов подземных вод на поверхность, внешних проявлений опасных геологических процессов и т. д. Для этого проводятся маршрутные наблюдения, а в необходимых случаях - аэровизуальные наблюдения, проходка отдельных неглубоких горных выработок, геофизические исследования и другие виды работ.

По итогам рекогносцировки составляется схематическая карта инженерно-геологических условий района.

2.2. Инженерно-геологическая съёмка

Инженерно-геологическая съёмка проводится для площадной оценки и картирования инженерно-геологических условий района (участка) строительства. В состав инженерно-геологической съёмки входит полный комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ (рис. 1).

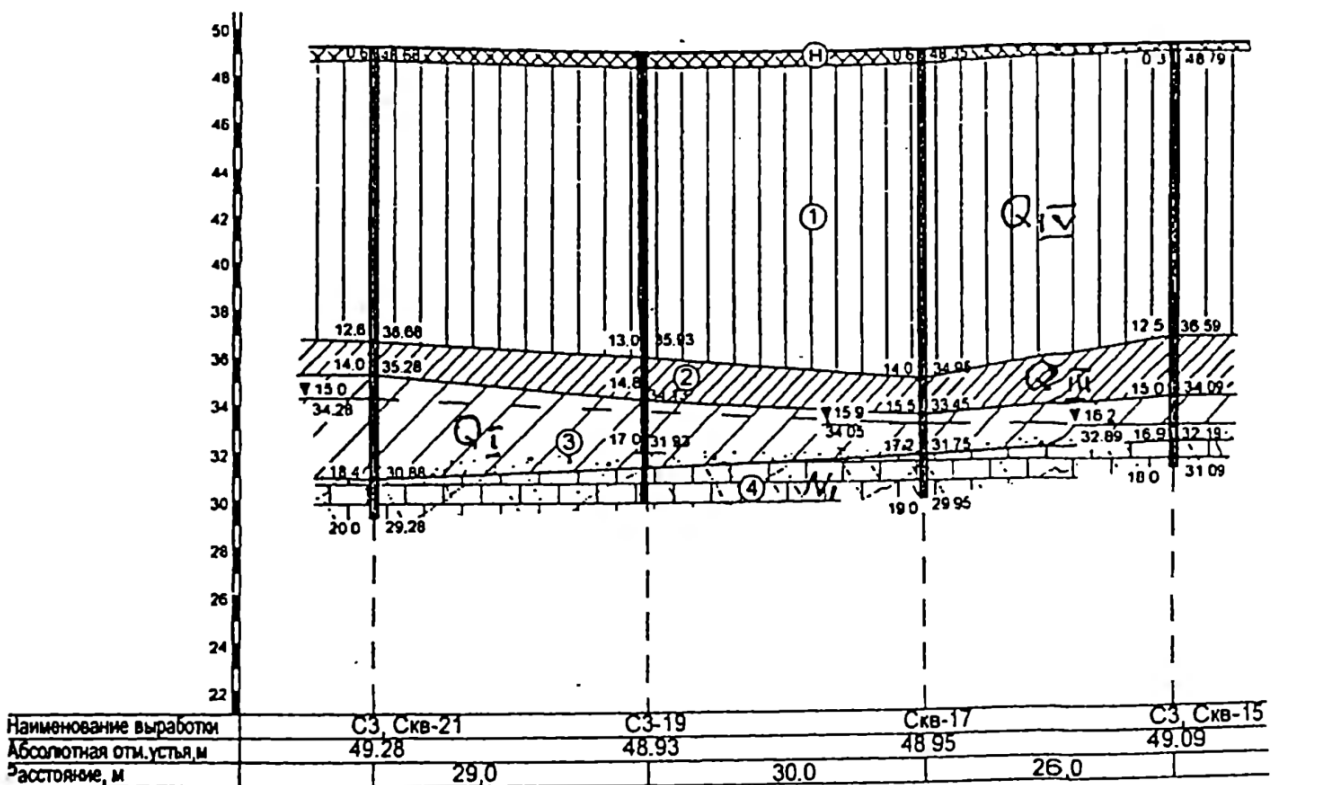


Рис. 1. Полевые, лабораторные и камеральные работы в составе инженерно-геологической съёмки

Масштаб инженерно-геологической съёмки определяется размерами изучаемой территории, видом строительства и характером проектируемых сооружений, сложностью инженерно-геологических условий и т. д. Различают съёмки крупномасштабные или специальные (1:50 000 и крупнее), среднемасштабные и мелкомасштабные.

На основе полученных в ходе съёмки данных составляют инженерно-геологическую карту района строительства. Это дает возможность выполнить инженерно-геологическое районирование территории и выделить участки, наиболее пригодные для строительства.

Инженерно-геологическая карта – отражает сведения о важнейших инженерно-геологических факторах в пределах изучаемой территории. Состоит из собственно карты, условных обозначений, инженерно-геологических разрезов (рис.2) и пояснительной записки.



Условные обозначения:

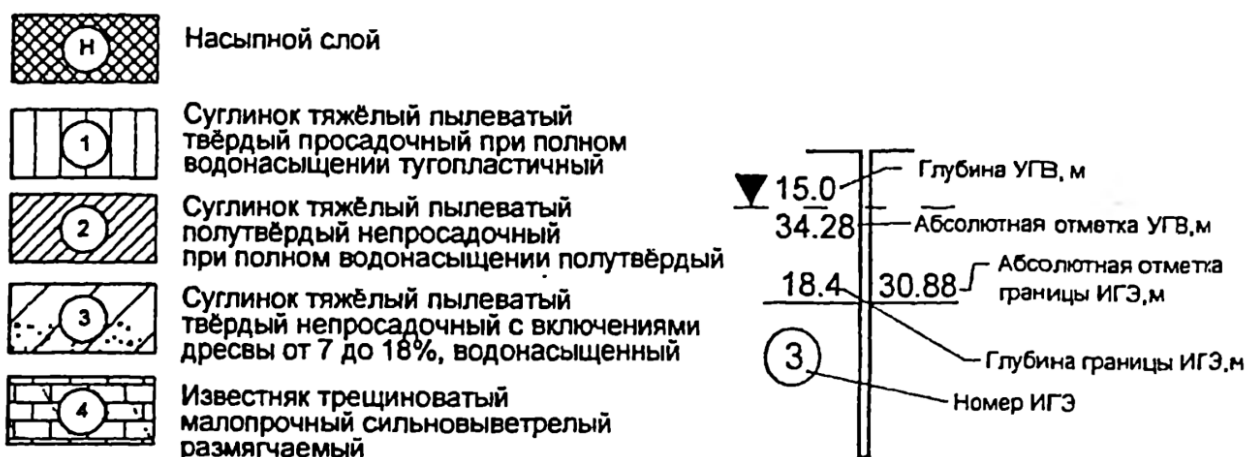


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез

На инженерно-геологических картах отражают литологический состав и свойства пород, их распространение, условия залегания, возраст и

происхождение, сведения о подземных водах и природных геологических и инженерно-геологических процессах.

Для составления инженерно-геологических карт используют различные вспомогательные карты: фактического материала, топографические, геологические, гидрогеологические, геоморфологические и карты строительных материалов.

Инженерно-геологические карты бывают трех видов:

- 1) инженерно-геологических условий;
- 2) инженерно-геологического районирования
- 3) инженерно-геологические карты специального назначения.

Карта инженерно-геологического районирования отражает деление территории на части (регионы, области, районы, участки и т. д.), в зависимости от общности их инженерно-геологических условий.

Карты специального назначения составляют применительно к конкретным видам строительства или сооружения. Они содержат оценку инженерно-геологических условий территории строительства и прогноз геологических процессов и явлений.

Для решения вопросов, связанных с детальным изучением подземных вод, проводят *гидрогеологическую съёмку*.

2.2.1. Гидрогеологическая съёмка

Гидрогеологическая съёмка — комплексное полевое исследование гидрогеологических условий с целью их картирования, с её помощью обосновывают выбор участка водозабора и выявляют запасы подземных вод, дают оценку гидрогеологических условий территории водохранилищ, бассейнов и др., изучают общие гидрогеологические условия района и т. д.

В соответствии с целевым назначением работ, а также в зависимости от стадии проектирования, сложности и изученности территории, выбирают масштаб гидрогеологической съёмки. Различают съёмки крупномасштабные или специальные (1:50000 и крупнее), среднемасштабные и

мелкомасштабные или общие. Первые проводятся для решения специальных, конкретных вопросов, связанных с проектированием водозаборов подземных вод и других сооружений, вторые - для общей оценки гидрогеологических условий районов, для составления генеральных планов и схем водоснабжения и др.

В процессе гидрогеологической съемки с помощью маршрутов ведут геологические, геоморфологические, гидрогеологические, геоботанические и другие наблюдения. Основное внимание уделяется описанию всех проявлений водоносности пород, т. е. гидрогеологическим наблюдениям.

С разной степенью детальности (в зависимости от масштаба съёмки) изучают и наносят на карту источники, заболоченности, колодцы, скважины, и другие естественные и искусственные выходы подземных вод на поверхность земли, отбирают пробы воды и пород, устанавливают характер связи подземных и поверхностных вод, изучают геологические явления, вызванные деятельностью подземных вод, исследуют характер растительности как показателя водоносности пород, собирают метеорологические данные и проводят другие исследования.

Для правильного понимания гидрогеологических условий необходимо иметь чёткое представление о геологическом строении и геоморфологии района. Наилучшие результаты дает комплексная геолого-гидрогеологическая съёмка.

Гидрогеологическая съёмка выполняется в основном с помощью маршрутных исследований. Кроме того, производят буровые, геофизические, лабораторные и другие полевые работы. Их роль особенно важна в закрытых районах.

Для ускорения срока съёмочных работ и повышения их качества используют аэрометоды, а в последнее время и космические фотоснимки. На космоснимках выделяют артезианские структуры, обводненные тектонические и карстовые зоны, прослеживают другие региональные гидрогеологические особенности.

Основным результатом съемочных работ является *гидрогеологическая карта территории*, а также отчет по съёмке.

Сводная гидрогеологическая карта строится на геологической основе и содержит полные сведения о распространении, условиях залегания, водообильности, направлении движения и химическом составе подземных вод.

Гидрогеологические разрезы к карте отражают изменение этих условий по глубине.

Для составления сводной гидрогеологической карты используют различные вспомогательные гидрогеологические карты, которые в ряде случаев имеют самостоятельное значение химического состава, общей минерализации подземных вод, гидроизогипс (гидроизопьез), водообильности пород, водопроницаемости водоносных горизонтов и др.

Оценка территории по условиям водоснабжения на базе подземных вод может быть дана с помощью карты гидрогеологического районирования.

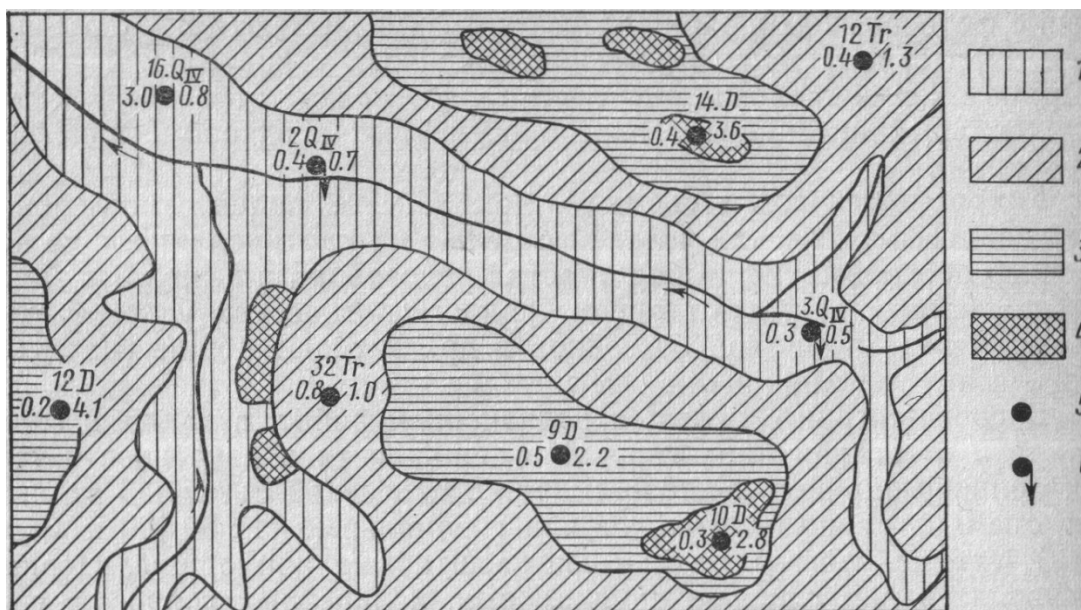


Рис. 3. Карта гидрогеологического районирования территории по условиям водоснабжения:

- 1-4 - гидрогеологические районы с различными условиями водоснабжения;
- 5 - скважины с указанием номера, геологического индекса водовмещающих пород, удельного дебита в л/с и минерализации в г/л; 6 – родник

2.3. Инженерно-геологическая разведка

Инженерно-геологическая разведка производится на завершающем этапе изысканий и служит для уточнения инженерно-геологических условий под отдельным зданием или сооружением. Основанием для её производства являются материалы инженерно-геологической съёмки.

В результате инженерно-геологической разведки должны быть получены исходные количественные данные, необходимые для инженерно-геологической характеристики грунтовых оснований в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой и для прогноза изменения свойств грунтов на период строительства и эксплуатации.

Контрольные вопросы:

- 1. Назовите состав инженерно-геологической съёмки, входящий в полный комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ.*
- 2. Назовите основные этапы комплексных исследований при инженерно-геологических изысканиях.*
- 3. Что отражает инженерно-геологическая карта?*
- 4. Назовите виды инженерно-геологических карт.*
- 5. Для каких целей проводится гидрогеологическая съёмка?*

Глава 3. СТАДИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Инженерно-геологические изыскания для строительства выполняются последовательно на различных стадиях (этапах).

Различают следующие основные стадии работ: **предпроектную** (включающую прединвестиционную, градостроительную документацию и обоснование инвестиций в строительство) и **проектную** (в состав которых входят проект и рабочая документация для строительства предприятий, зданий и сооружений).

В период строительства, эксплуатации, реконструкции и ликвидации строительных объектов инженерно-геологические изыскания должны быть при необходимости продолжены.

3.1 Предпроектная документация

Предпроектная документация разрабатывается с целью обоснования целесообразности строительства объекта, выбора строительных площадок и направления магистральных транспортных и инженерных коммуникаций, основ генеральных схем инженерной защиты от опасных геологических процессов и др.

Инженерно-геологические изыскания на предпроектных стадиях выполняют для крупных и сложных объектов. Они должны обеспечить изучение основных особенностей инженерно-геологических условий значительных по площади и по протяженности территорий.

Основной объём инженерно-геологических работ выполняют на этапе **обоснования инвестиций в строительство**. В состав работ входит: проведение инженерно-геологической съёмки на территории проектируемых строительных объектов и трасс линейных сооружений. Проводятся буровые

и горнопроходческие работы, полевые исследования грунтов, лабораторные исследования, стационарные наблюдения и другие виды работ.

На всех предпроектных этапах (прединвестиционной документации, градостроительной и обоснования инвестиций в строительство) значительное внимание уделяют прогнозу оценки воздействия объектов строительства на геологическую среду.

Инженерно-геологические изыскания для разработки **проекта** должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий уже выбранной площадки (участка, трассы) и прогноз их изменений при строительстве и эксплуатации объекта.

По сравнению с предпроектным этапом перечень основных видов инженерно-геологических исследований практически не меняется, однако детальность их проведения увеличивается.

Инженерно-геологические изыскания для разработки **рабочей документации** проводятся на окончательно выбранной стройплощадке для отдельных зданий и сооружений с целью детализации и уточнения инженерно-геологических условий.

Проходят скважины и шурфы (чаще всего по контурам и осям проектируемых зданий и сооружений), определяют расчётные показатели физико-механических свойств грунтов, выполняют полевые исследования грунтов, опытно-фильтрационные работы и геофизические исследования. Продолжают начатые на предшествующих этапах изысканий стационарные, наблюдения за развитием опасных геологических процессов, режимом подземных вод и т. д.

По результатам изысканий, как и на всех предшествующих этапах, составляют **технический отчет**.

Для технически несложных объектов, а также при строительстве по типовым проектам, инженерно-геологические изыскания выполняют для одной стадии: **«рабочего проекта»**, при которой рабочая документация разрабатывается одновременно с проектом.

Инженерно-геологические изыскания *в период строительства* выполняют лишь в особых случаях: 1) при строительстве ответственных зданий и сооружений, особенно в сложных инженерно-геологических условиях; 2) в условиях стесненной городской застройки; 3) при длительных перерывах во времени между окончанием изысканий и началом строительства объектов и т. д.

Инженерно-геологические изыскания в период строительства включают: 1) уточнение геологических и гидрогеологических условий в период вскрытия котлованов, тоннелей, прорезей и других выемок, выявление расхождений натуральных условий с проектными данными, внесение при необходимости соответствующих корректив и проведение дополнительных изыскательских работ; 2) контроль за ведением строительного водопонижения, инженерной подготовкой оснований зданий и сооружений, производством работ по закреплению грунтов и т. д.

Специальные инженерно-геологические исследования в период строительства проводят за определением скорости выветривания грунтов в откосах котлованов (выемок) и их устойчивости, за развитием склоновых и других гравитационных процессов в откосах котлованов и др.

По результатам инженерно-геологических изысканий в период строительства представляют технический отчет (заключение), который может служить основанием для внесения соответствующих корректив в процессе производства строительного-монтажных работ.

В период эксплуатации объектов в необходимых случаях в соответствии с заданием Заказчика проводят обследования грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений, а также при их расширении, строительстве новых близко примыкающих зданий и в других случаях.

При необходимости в период эксплуатации объектов осуществляют стационарные наблюдения (локальный мониторинг) за развитием опасных

геологических процессов, деформациями зданий и сооружений и другими неблагоприятными факторами.

Инженерно-геологические изыскания *для реконструкции* зданий и сооружений проводятся, как правило, в условиях плотной застройки и поэтому должны осуществляться с учетом конкретной природно-технической ситуации. По своему составу, объемам и применяемым методам изыскания для реконструкции значительно отличаются от изысканий под новое строительство. В частности, обязательным видом работ является натурное обследование окружающей территории и реконструируемого здания. В ходе обследования устанавливают геотехническую категорию объекта, необходимые объемы работ по изысканиям, принципиальные варианты реконструкции и усиления и др.

По результатам инженерно-геологических изысканий составляется технический отчет (заключение), в котором приводятся рекомендации для принятия проектных решений, обосновывается необходимость усиления оснований, анализируются причины деформаций и мероприятия по их стабилизации и др.

Небольшой объём инженерно-геологических изысканий *выполняется в период ликвидации* зданий и сооружений. Цель этих работ — обоснование проектных решений по санации (оздоровлению) и рекультивации нарушенной территории, оценка опасности и риска от ликвидации объекта и др.

Контрольные вопросы:

- 1. Назовите основные работы, выполняемые на этапе обоснования инвестиций в строительство.*
- 2. В каких случаях инженерно-геологические изыскания выполняют для одной стадии: «рабочего проекта»?*
- 3. В каких особых случаях проводятся инженерно-геологические изыскания в период строительства?*

Глава 4. МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

4.1. Сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет

Инженерно-геологические изыскания начинают со сбора и обработки материалов изысканий и исследований прошлых лет. Изучению подлежат сведения по геоморфологии, геологии, тектонике, гидрогеологии и другим особенностям природных условий района (участка). Важно располагать также данными о возможных деформациях зданий и сооружений и их причинах на исследуемой территории, существующих способах инженерной защиты, наличии грунтовых строительных материалов, источниках питьевого водоснабжения и др.

Все эти данные можно получить из инженерно-геологических отчетов, хранящихся в территориальных геологических фондах, технических архивах трестов инженерно-строительных изысканий (ТИСИЗ), проектных и строительных организаций, фондах городских и областных архитектурных управлений и из других источников.

По результатам сбора и обработки архивных и фондовых материалов оценивается степень геологической изученности района исследований и формулируется рабочая гипотеза о природных и инженерно-геологических условиях, в частности, устанавливается степень их сложности согласно СП 11-105-97, ч. I.

Анализ собранных материалов даёт возможность в ходе выполнения инженерно-геологических изысканий оценивать динамику изменения геологической среды под влиянием природных и техногенных факторов.

Главное же заключается в том, что на основании сбора и анализа материалов прошлых лет возможно оптимизировать программу инженерно-геологических изысканий, по возможности сократить их объём и снизить затраты на производство.

4. 2. Дешифрирование аэро- и космоматериалов и аэровизуальные наблюдения

Согласно СП 11-105-97, ч. I, эти работы следует предусматривать при изучении и оценке инженерно-геологических условий значительных по площади (протяженности) территорий, а также при необходимости изучения динамики изменения этих условий.

Под **инженерно-геологическим дешифрированием** понимается получение информации об инженерно-геологических условиях изучаемой территории путём выявления и распознавания на аэро- и космических снимках необходимых данных (тип рельефа, мезо- и микроформы рельефа, границы геоморфологических элементов, форма и разветвленность гидрографической сети, тектонические нарушения, область питания и транзита подземных вод, проявления опасных геологических процессов и др.).

При дешифрировании широко используются телевизионная, сканерная, тепловая (инфракрасная) и другие виды аэро- и космических съемок, осуществляемых с пилотируемых космических кораблей, орбитальных станций, искусственных спутников, а также с самолетов и вертолетов. В последнее время стали доступными материалы космических съемок очень высокого разрешения (до 2,0 м).

Аэровизуальные наблюдения ведутся при полетах легких самолетов, летающих со скоростью до 100-150 км/ч и высоте полёта - от 50 до 1500 м. Наиболее эффективны они при обследовании значительных площадей и выборе конкурирующих вариантов в процессе инженерно-геологических рекогносцировок и съёмок в труднодоступных и малоисследованных районах.

Дешифрирование аэро- и космоматериалов и аэровизуальные наблюдения предшествуют всем другим видам полевых инженерно-геологических исследований. Их выполнение позволяет получить важную инженерно-геологическую информацию. Преимуществом аэрометодов

является возможность наблюдений за динамикой изменения компонентов геологической среды под влиянием природно-техногенных факторов. Это достигается путем проведения повторных съёмок.

4.3. Буровые и горнопроходческие работы

Буровые и горнопроходческие работы являются важнейшей частью инженерно-геологических и гидрогеологических исследований. С помощью буровых скважин и горных выработок (шурфов, штолен и др.) выясняют геологическое строение и гидрогеологические условия строительной площадки на необходимую глубину, отбирают пробы грунтов и подземных вод, проводят опытные работы и стационарные наблюдения.

Бурение скважин является основным видом разведочных работ при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях.

Буровая скважина - цилиндрическая горная выработка (вертикальная, наклонная) малого диаметра, выполняемая специальным буровым инструментом. В буровых скважинах различают устье (начало), стенки и забой или дно.

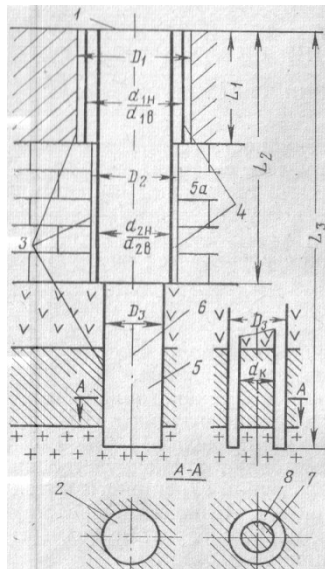


Рис. 4. Элементы буровой скважины

1 — устье; 2 — забой сплошной; 3 — стенки; 4 — обсадные колонны; 5 — ствол скважины, не обсаженный трубами; 5а — ствол скважины, обсаженный трубами; 6 — ось скважины; 7-4 керна; 8 — забой кольцевой; D_1, D_2, D_3 — диаметры интервалов скважины; $d_{1н}, d_{1в}, d_{2н}, d_{2в}$ — диаметры обсадных труб наружные (н) и внутренние (в); $d_к$ — диаметр керна; L_1, L_2, L_3 — глубины обсаженных интервалов скважины; L_3 — общая глубина скважины

Сущность бурения заключается в постепенном и последовательном разрушении (или обурировании) породы на забое и извлечении её на поверхность. Образцы породы, извлекаемые из скважин, называют буровым керном. Для изоляции водоносных горизонтов и предупреждения вывала пород со стенок скважин ствол скважины, т. е. выбуренное пространство, закрепляют обсадными трубами.

К преимуществам бурения относят: высокую скорость проходки скважин, возможность достижения больших глубин, механизацию спускоподъемных операций, мобильность буровых установок. Бурение имеет и недостатки: невозможность осмотра стенок скважины ввиду малого ее диаметра, небольшой размер образцов, необходимость промывки скважин при бурении и др.

Диаметр скважин, используемых в практике инженерно-геологических изысканий, обычно находится в пределах 33 - 325 мм. Для гидрогеологических целей бурят скважины большего диаметра. Глубина скважин определяется задачами исследований и для инженерных сооружений редко превышает 30 - 50 м. При поисках и разведке подземных вод для водоснабжения глубина скважин может достигать 800 м и более.

Бурение скважин производят буровым наконечником, который, соединяясь с бурильными трубами (штангами), создает буровой снаряд. Удары или вращение этого снаряда и передачу на него давления осуществляют буровыми станками, приводимыми в действие различными двигателями.

При инженерно-геологических исследованиях обычно применяют следующие виды бурения скважин: вращательно-колонковое, ударно-канатное кольцевым и сплошным забоем, вибрационное и шнековое.

Вращательно-колонковое бурение позволяет бурить скважины диаметром 73 - 219 мм почти во всех разновидностях пород, включая и скальные, глубиной до 100 м и более. Буровой снаряд состоит из пустотелой колонковой трубы длиной 0,5 - 4,5 м с коронкой и колонной бурильных

штанг. При вращении бурового снаряда коронка колонковой трубы с зачеканенными в ней зубьями из твердых сплавов прорезает кольцевой канал в породе, т. е. выбуривает столбик породы - керн. Используются также дробовые и алмазные коронки. После заполнения колонковой трубы керном буровой снаряд отрывают от забоя и поднимают на поверхность. Затем отвинчивают буровую коронку и извлекают керн из колонковой трубы.

В глинистых породах для отбора проб грунта ненарушенной структуры (монолитов) используют наконечники специальной конструкции - грунтоносы, диаметром не менее 100 - 125 мм.

При колонковом бурении через бурильные трубы на забой подаётся глинистый раствор, вода или сжатый воздух. Буровой инструмент при этом охлаждается, а измельченная порода (жилам) выносится на поверхность в специальные отстойники.

Ударно-канатное бурение рекомендуется в районах с недостаточной геологической изученностью, так как позволяет вести тщательное описание горных пород (рис.5.). Различают ударно-канатное бурение сплошным забоем диаметром 127 - 325 мм с применением долот и желонки (крупнообломочные и песчаные обводненные грунты) и ударно-канатным кольцевым забоем диаметром 89 - 325 мм в песчаных и глинистых необводнённых или слабообводнённых.

Проходка ведётся за счёт сбрасывания на забой утяжелённого бурового снаряда (желонки, забивного стакана), подвешенного на канате, и последующего его подъема на поверхность вместе с породой. В галечниках и скальных породах на забой сбрасывается долото, а очистка забоя ведётся желонкой.

Одним из наиболее производительных способов бурения является **вибробурение**, при котором буровой снаряд погружается в породу благодаря вибрационным колебаниям. При помощи вибратора глинистые и песчаные обводненные породы проходят на глубину до 15 - 20 м. Следует помнить, что

под влиянием вибрации глинистые грунты изменяют свою структуру и уплотняются.



Рис. 5. Самоходная буровая установка ударно-канатного бурения (фото автора)

Шнековое бурение характеризуется высокой механической скоростью при проходке скважин в песчано-глинистых грунтах на глубину до 30 м. Разрушение пород производится вращающимся долотом, а подъём их - шнеками, т. е. трубами, на поверхность которых приварена стальная спираль.

При этом способе бурения качественное геологическое описание затруднительно.

Бурение скважин в неустойчивых и водонасыщенных породах осложняется вследствие обваливания и оплывания стенок. Для их крепления применяют стальные обсадные трубы, которые опускают в скважину, после чего продолжают бурение наконечником уже меньшего диаметра. По окончании бурения обсадные трубы извлекают, а скважину ликвидируют путем тампонажа глиной или цементно-песчаным раствором.

Ручное ударно-вращательное бурение из-за низкой производительности и высокой трудоёмкости применяется в крайне ограниченном объёме (труднодоступная местность, плотная городская застройка и др.). Ручным способом бурят скважины в рыхлых грунтах на глубину до 10 - 15 м, реже 30 м.

При гидрогеологических исследованиях бурят скважины разведочные, опытные, наблюдательные и разведочно-эксплуатационные. Скважины, предназначенные для забора воды, называют скважинами на воду, они отличаются от других большим диаметром, что связано со значительными размерами погружных водоподъёмных средств.

4.3.1. Бурение скважин на воду

Скважины на воду бурятся в основном роторным способом, реже ударно-канатным.

Мелкие скважины при благоприятных геологических условиях могут буриться шнековыми станками. Гидрогеологические скважины в крепких породах проходятся часто колонковым бурением. Кроме того, при сложном геологическом разрезе, когда скважины пересекают породы различных физико-механических свойств, можно применять комбинированное бурение, проходя большую часть скважины роторным бурением с применением глинистой промывки, а после спуска и цементирования тампонажной колонны вскрывать водоносный горизонт ударным способом без промывки.

Роторное бурение на воду рекомендуется применять при:

- 1) изучении гидрогеологии района;
- 2) наличии напорных водоносных горизонтов;
- 3) удобном снабжении буровых работ водой и глиной;
- 4) достаточно хорошем утеплении буровой установки в зимнее время;
- 5) бурении скважин на воду глубиной свыше 100 м.

Роторный способ — это вращательное бурение сплошным забоем, с промывкой или продувкой воздухом, с вращателем (ротором) на поверхности. Роторное бурение используют для бурения скважин различной глубины (обычно более 150 м) на водоносные горизонты, ранее хорошо изученные и опробованные. Скорость бурения весьма высокая. Порода на забое разрушается полностью с помощью шарошечных долот. Для роторного бурения используют самоходные установки УРБ-2А, УРБ-3АМ, УРБ-4ПМ, а при бурении до 100 м - АВБ-3-100.

Ударно-канатное бурение при строительстве скважин на воду целесообразно применять:

- 1) в районах со слабо изученной гидрогеологией;
- 2) при бурении на слабонапорные водоносные горизонты;
- 3) при бурении разбросанных единичных скважин, водо- и глиноснабжение которых затруднительно;
- 4) при бурении скважин больших диаметров (450-500 мм и более);
- 5) при бурении скважин глубиной не более 150 м.

Шнековый способ бурения применяют в благоприятных геологических условиях при глубинах скважин не более 50-60 м. При этом для посадки обсадных труб используют вибратор.

Опыт показывает, что при роторном бурении скважин на воду скорость проходки значительно повышается по сравнению с ударно-канатным способом, сильно сокращается расход обсадных труб, а стоимость работ снижается.

Но при роторном бурении с глинистой промывкой продуктивный горизонт часто сильно глинизируется, поэтому много времени.

4.3.2. Проходка шурфов и других горных выработок

Наиболее распространенным видом горных выработок является шурф. При изысканиях применяют также другие выработки: расчистки, канавы, дудки, штольни и шахты (рис. 6).

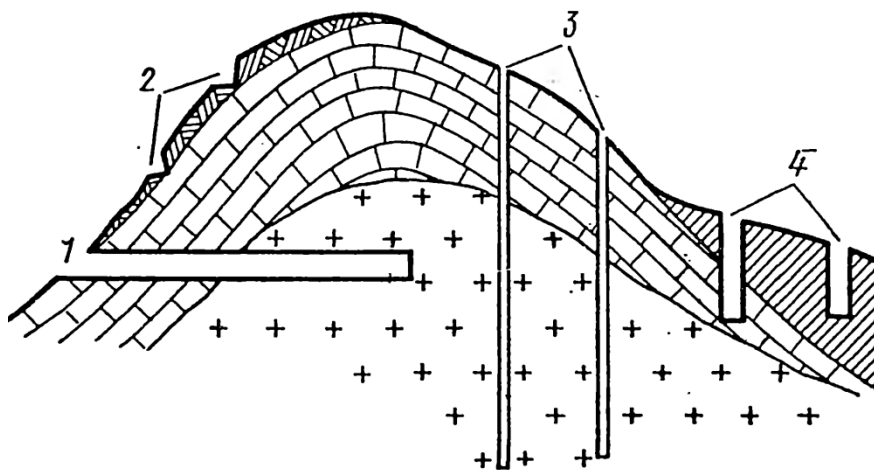


Рис. 6. Типы горных выработок: 1 - штольня; 2 - расчистки; 3 - скважины; 4 - шурфы

Шурф - вертикальная горная выработка прямоугольного или круглого сечения (дудка), проходима с поверхности до глубины 20 м, реже более. Шурф круглого сечения называют дудкой.

Наиболее распространены на изысканиях мелкие шурфы глубиной до 3-5 м сечением 1х1,25 м. Обычно их проходят в песчаных и глинистых грунтах. Шурфы большого сечения (более 2 м) выполняют для специальных опытных работ и при большой глубине шурфа.

Шурф проходят путём углубления забоя и выброса грунта вначале лопатой, далее с помощью бадьи, поднимаемой воротом. В скальных породах шурф углубляют с использованием отбойных молотков и взрывных работ.

По мере углубления стенки шурфа необходимо укреплять, в противном случае возможно их обрушение. При проходке водонасыщенных пород организуют водоотлив. Глубокие шурфы обязательно проветривают.

Шурфы имеют большое значение при инженерно-геологических изысканиях для строительства. Они позволяют детально изучить геолого-литологический разрез участка, отобрать любые по размеру образцы, выполнить испытания грунтов штампами и другие полевые опытные работы. Недостатком шурфов является их высокая стоимость и трудоёмкость работ, особенно в водонасыщенных и скальных породах.

В настоящее время находит применение механизированный способ проходки шурфов с помощью специальных шурфопроходческих установок, а также приспособленных для этих целей самоходных буровых установок УРБ-ЗАМ, УРБ-2А-2, УГБ-1ВС и др., оснащенных ковшовыми или шнековыми бурами. Средняя производительность установок 1,2 - 2,0 м/ч.

По окончании полевых работ шурфы тщательно засыпают, грунт утрамбовывают, а поверхность земли выравнивают.

На участках, сложенных крутопадающими слоями пород, проходят горизонтальные горные выработки: расчистки, канавы, штольни и шахты.

Расчистки - неглубокие выработки, применяемые для снятия рыхлого маломощного покрова делювия или элювия с наклонных поверхностей.

Канавы (траншеи) - узкие (до 0,8 м) и неглубокие (до 2 м) выработки, выполняемые вручную или с помощью технических средств, с целью вскрытия коренных пород.

Дудка - вертикальная горная выработка круглого сечения диаметром до 1,0 м. Необходимость крепления стенок дудки, как правило, отсутствует.

Штольни - подземные горизонтальные выработки значительной длины, закладываемые на склонах и вскрывающие толщи горных пород в глубине массива. Их применяют в скальных породах при изысканиях для строительства особо ответственных сооружений.

Шахты (разведочные) - вертикальные горные выработки, которые отличаются от шурфов большими размерами. В практике инженерно-геологических изысканий глубина шахт достигает 30 м, а сечение 6 м².

4.3.3. Наблюдения при бурении скважин и проходке шурфов

Наблюдения при бурении скважин и проходке шурфов заключаются в замере уровня воды и температуры, отборе проб пород, воды и других работах.

Для замера уровня воды в скважинах используют размеченные на метры тонкие тросы, на концах которых подвешивают различные приспособления (хлопушки, свистки и т. д.), при соприкосновении с водой эти приспособления подают сигнал (свист, хлопанье и т. д.) и наблюдатель по отметкам троса определяет глубину залегания воды от поверхности земли (рис.7). Более точны электроуровнемеры, при соприкосновении датчика с водой электрическая цепь замыкается, стрелка гальванометра отклоняется, и по отметкам на тросе фиксируется положение уровня. Длительные наблюдения за изменением уровня воды ведут с помощью поплавковых измерителей, а для непрерывной регистрации уровня применяют специальные автоматические приборы.

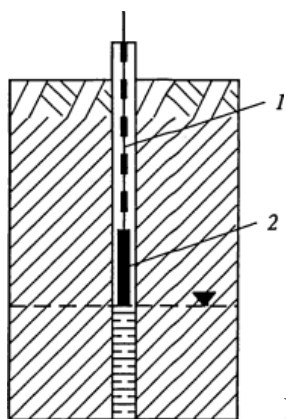


Рис.7. Измерение уровня грунтовых вод в скважине мерным тросом с хлопушкой: 1 – мерный трос; 2 - хлопушка

Замеры уровня воды производят от одной точки у устья скважины с точностью $\pm 1,0$ см. в каждой скважине определяют глубину появления и установившийся уровень подземных вод.

Температура подземных вод замеряется ртутными термометрами, вмонтированными в металлическую оправу. Для отбора проб воды используют различные пробоотборники объемом от 0,5 до 3,0 л.

Наблюдения за поглощением промывочной жидкости и выходом керна позволяют предварительно оценить водопроницаемость пород в различных интервалах скважин. Интенсивное поглощение и малый выход керна свидетельствуют о трещиноватости, раздробленности пород и их возможной высокой водообильности.

При бурении водозаборных скважин предусматривают тщательную изоляцию намеченного к эксплуатации водоносного горизонта от других водоносных горизонтов и поверхностных загрязнений. Чаще всего для этого задавливают башмак колонны обсадных труб в водоупорные породы (рис. 8, *а*) или производят затрубную цементацию колонны труб (при роторном бурении) (рис. 8, *б*).

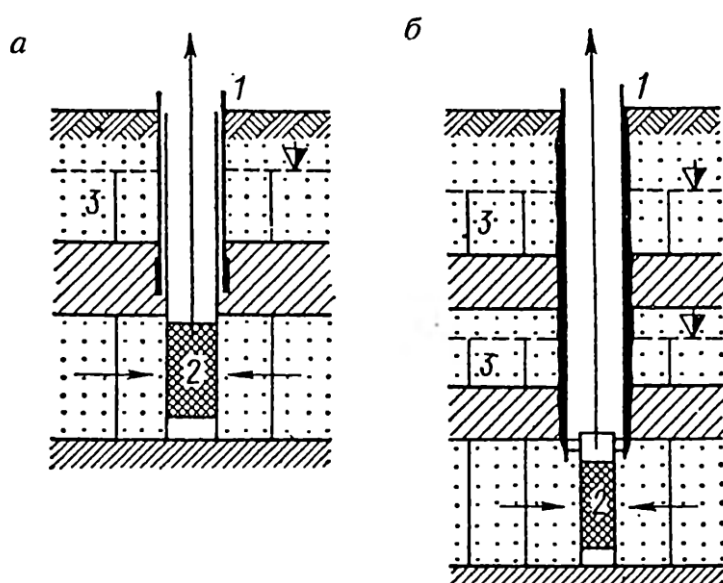


Рис. 8. Изоляция водоносных горизонтов при бурении скважин:
а — при ударно-канатном бурении; *б* — при роторном бурении;
1 — обсадные трубы; *2* — фильтры; *3* — изолируемые водоносные горизонты

Тампонируют для разобщения и изоляции водоносных пластов с разным химическим составом. Например, для изоляции горько-солёной воды от питьевой, изоляции водоносных пластов от нефтегазоносных. Для производства опытных нагнетаний воды в пористый пласт, для защиты обсадных труб от коррозии минеральными водами, для

устранения циркуляции подземных вод по стволу скважины при извлечении обсадных труб и её ликвидации.

Качество изоляции водоносных горизонтов проверяют откачкой воды из скважины и наблюдением за положением уровня. Постоянство уровня воды указывает на надежность изоляции.

4.3.4. Геологическая документация буровых и горнопроходческих работ

Основными геологическими документами разведочных работ являются буровой журнал и журнал горных выработок. В журналах, по мере бурения скважин и проходки шурфов, подробно описывают состав и состояние вскрываемых пород, указывают глубину отбора проб породы и воды, приводят результаты наблюдений за появлением уровней подземных вод, выходом керна, качеством изоляции водоносных горизонтов и т. д.

Геолого-литологические колонки составляются в масштабе 1:100 - 1:500.

Пробы отбирают послойно, на всю глубину выработки, но не реже чем через каждые 0,5 - 1,0 м. Наиболее детально опробуется слой, который будет несущим основанием сооружений. Из всех образцов, полученных при инженерно-геологических исследованиях, 5 - 10 % отбирают для последующих лабораторных анализов.

Для инженерно-геологических работ обязателен отбор монолитов, т. е. образцов с сохранением их структуры. Особенно это важно при отборе образцов из слоёв связных дисперсных пород (глины, суглинки), в которых кроме структуры необходимо сохранить природную влажность.

В шурфах и обнажениях отбирают монолиты в форме, близкой к кубу, с размерами от 10 x 10 x 10 см до 30 x 30 x 30 см.

Из буровых скважин с помощью грунтоносов отбирают цилиндрические монолиты высотой 20 - 30 м. Монолиты немедленно парафинируют для сохранения их естественной влажности, т. е. обматывают слоем марли, пропитанной парафиногудронной смесью, подогретой до 60-

65°C. Монолиты предохраняют от сотрясения и промерзания и хранят не более 1,5 месяцев.

Помимо монолитов, отбирают образцы нарушенной структуры и образцы рыхлых пород. Вес каждой такой пробы до 0,5 кг.

Пробы подземной воды берут из каждого водоносного горизонта в количестве от 0,5 до 2 л. Количество отбираемой пробы зависит от вида химического анализа (полный или сокращенный) и степени минерализации воды. Вода набирается в емкость и тщательно закупоривается.

После завершения проходки и отбора проб, горная выработка засыпается.

По данным буровых и горных журналов составляют разрезы (колонки) отдельных скважин и шурфов (рис. 9).

Скважина №1

Абс. отметка устья – 80,0 м


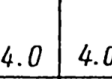

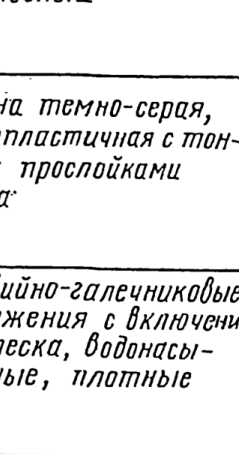
| № слоя | Геологический индекс | Глубина залегания слоя, м | | Мощность слоя, м | Разрез и конструкция скважины | Уровень подземных вод | | Литологическое описание пород |
|--------|----------------------|---------------------------|------|------------------|---|-----------------------|----------------|--|
| | | от | до | | | появившийся | установившийся | |
| 1 | al Q _{IV} | 0.0 | 2.0 | 2.0 |  | | | Суглинок серый, легкий средней плотности |
| 2 | al Q _{II} | 2.0 | 8.0 | 6.0 |  | 4.0 | 4.0 | Песок мелкозернистый, светло-серый, влажный, кварцевый; рыхлый, с глубины 4,0 м – водоносный |
| 3 | al Q _{III} | 8.0 | 13.0 | 5.0 |  | 13.0 | 9.5 | Глина темно-серая, тугопластичная с тонкими прослойками песка |
| 4 | al Q _I | 13.0 | 18.0 | 5.0 |  | | | Гравийно-галечниковые отложения с включением песка, водонасыщенные, плотные |

Рис. 9. Геолого-литологическая колонка (разрез) буровой скважины

Данные нескольких разрезов (колонок) объединяют в инженерно-геологические или гидрогеологические профили (разрезы) (рис. 10).

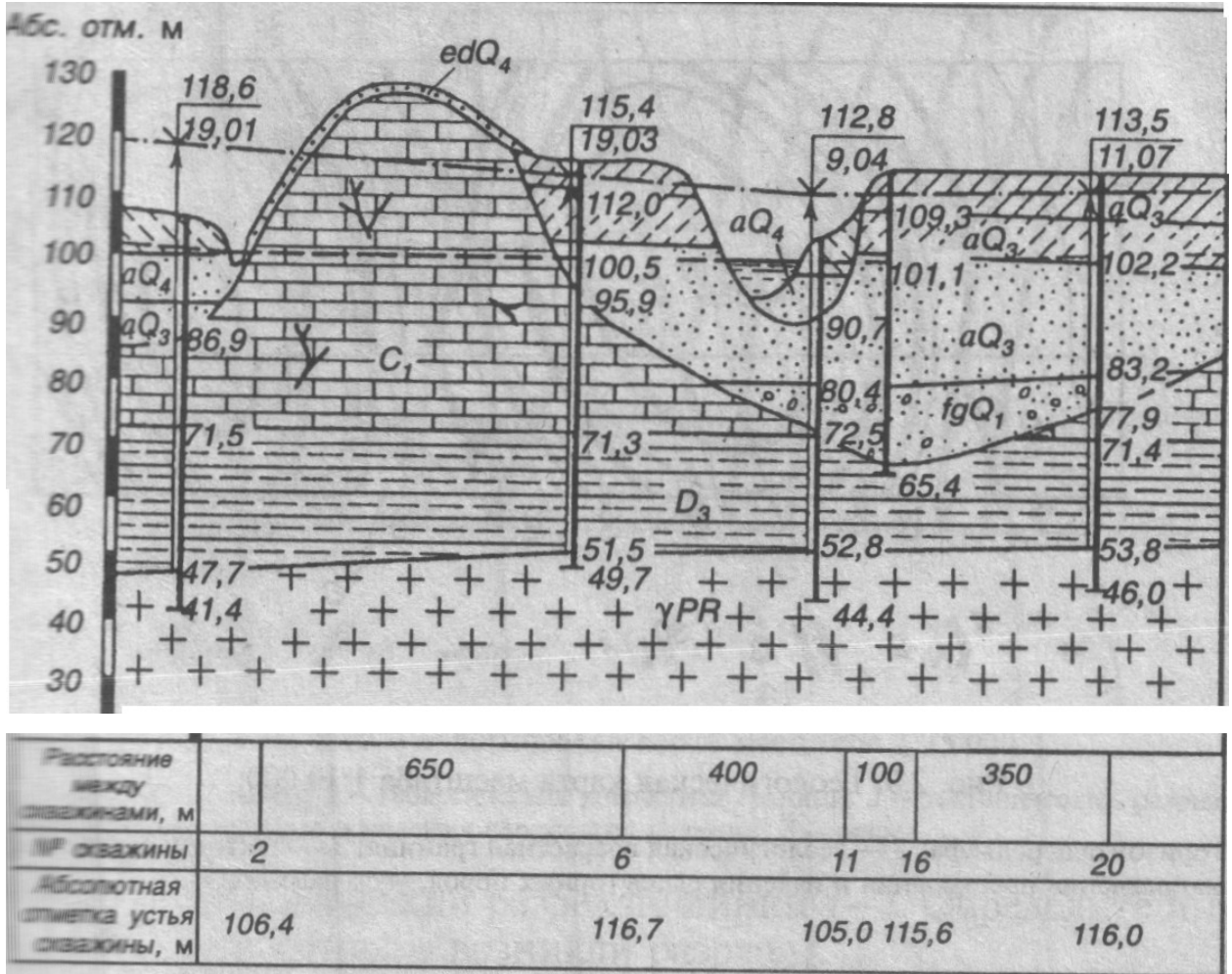


Рис. 10. Пример построения разреза

4.4. Геофизические исследования

Геофизические методы исследования обычно сопутствуют разведочным работам и в ряде случаев позволяют значительно сократить объём шурфования и бурения. В большинстве случаев они применяются параллельно с другими исследованиями. С их помощью можно изучать физические и химические свойства пород и подземных вод, условия

залегания, движение подземных вод, физико-геологические и инженерно-геологические явления и процессы. Геофизические методы позволяют значительно сократить их объем, повысить полноту и качество исследований. В большинстве случаев их применяют как вспомогательные методы. Они помогают изучать геологический разрез горных пород, водоносные горизонты, а также геологические процессы и явления (карст, многолетнюю мерзлоту и др.).

Геофизические методы исследования основаны на различиях физических свойств горных пород: удельного электрического сопротивления, скорости распространения упругих сейсмических волн, радиоактивности, магнитной восприимчивости и др.

Изменение величин этих параметров по вертикали или в горизонтальном направлении свидетельствует о соответственном изменении состава и состояния горных пород и подземных вод. Эффективность геофизической разведки зависит от степени различия пород по физическим свойствам, а также от правильного сочетания ее с другими методами инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.

Согласно Своду правил по инженерным изысканиям для строительства (СП 11-105 - 97, ч. VI), геофизические методы в зависимости от изучаемых физических полей подразделяются на электромагнитные (электроразведка), сейсмоакустические (сейсморазведка), магнитометрические, гравиметрические и др.

В практике инженерно-геофизических изысканий основное место занимают электрометрия и сейсмометрия.

Геофизические исследования проводят с поверхности земли и в буровых скважинах. Метод геофизической разведки с воздуха (аэрогеофизика) пока не получил широкого распространения.

4.4.1. Геофизические исследования с поверхности земли

Наибольшее применение в практике инженерно-геологических изысканий нашли электроразведка, сейсморазведка и в меньшей степени магниторазведка и другие методы.

Электроразведка основана на исследовании искусственно создаваемого в массивах пород электрического поля. Каждая порода в зависимости от состава, состояния, водоносности характеризуется своим удельным электрическим сопротивлением. Чем больше разнятся эти удельные сопротивления между собой, тем точнее результаты электроразведки.

Электроразведка с поверхности земли применяется в двух модификациях: *электрзондирование* и *электропрофилеирование*.

При методе *вертикального электрического зондирования (ВЭЗ)* приемные электроды *M* и *N* с включенным в их цепь потенциометром остаются неподвижными, а питающие электроды *A* и *B* последовательно перемещаются от центра зондирования (рис. 11).

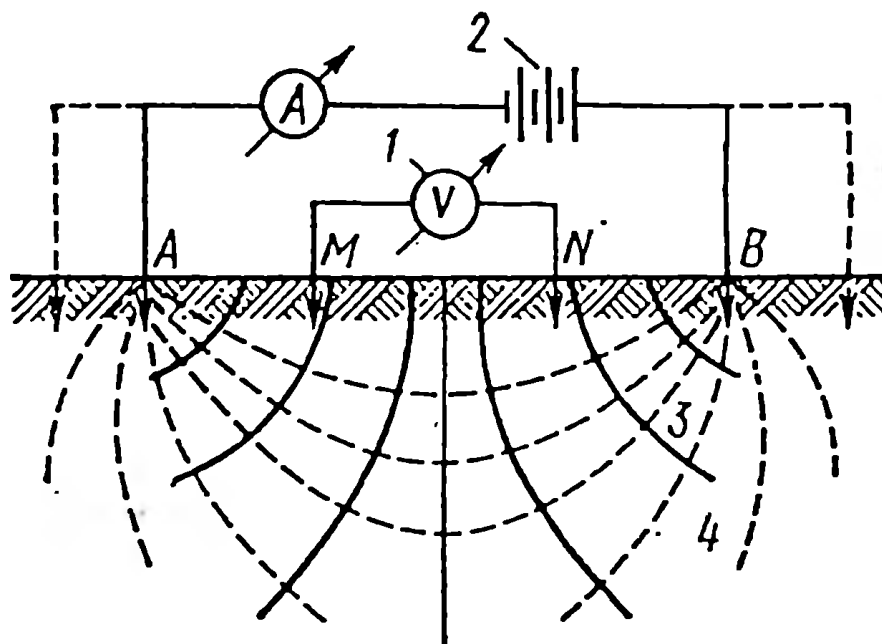


Рис. 11. Схема вертикального электрического зондирования (ВЭЗ):
1 — потенциометр; 2 — источник питания; A, M, N и B — электроды;
3 — эквипотенциальные линии; 4 — линии токов

Чем больше расстояние между A и B , тем на большую глубину проникают токовые линии. Измеряя силу тока между питающими электродами A и B и разность потенциалов между приемными электродами M и N , определяют удельное сопротивление горных пород. Интерпретация кривой ВЭЗ позволяет установить смену пород и изменение их состояния в вертикальном направлении и построить геологический разрез.

Метод ВЭЗ широко используется для определения глубины залегания и мощности водоносных горизонтов, включая и глубокозалегающие артезианские воды.

При *электропрофилировании* (ЭП) на исследуемом участке забивают в грунт серию створов и на каждом из них измеряют сопротивление пород по профилю путем перемещения прибора одновременно четырёх электродов при неизменном расстоянии между ними (рис. 12). Это дает возможность изучить геологическое строение участка в горизонтальном направлении вдоль линии профиля.

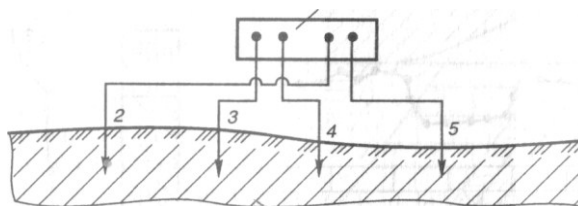


Рис. 12. Электропрофилированные толщи пород: / — прибор; 2-5 — электроды

Методом ЭП определяют границы слоев горных пород и водоносных горизонтов, обнаруживают карстовые полости (рис. 13), обводненные трещиноватые зоны, линзы пресных вод среди соленых и др.

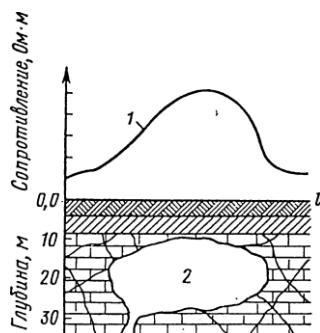


Рис. 13. Обнаружение карстовой полости с помощью электропрофилирования; 1 — кривая электропрофилирования; 2 — карстовая полость

Сейморазведка основана на измерении скорости распространения упругих колебаний, искусственно возбуждаемых в горных породах (взрывами, ударами). Замерив время пробега упругой волны от точки возбуждения до сейсмоприемника, вычерчивают кривую - годограф, по которому рассчитывают скорость распространения волн в исследованных породах и строят сейсмогеологический разрез. С помощью микросейсмических установок, применяемых для малых глубин исследования, устанавливают глубину залегания скальных пород под наносами (рис.14), выявляют погребенные речные долины, карстовые пустоты, уровень подземных вод, мощность талых пород в вечной мерзлоте и т. д. В сложных сейсмических условиях этот метод недостаточно точен.

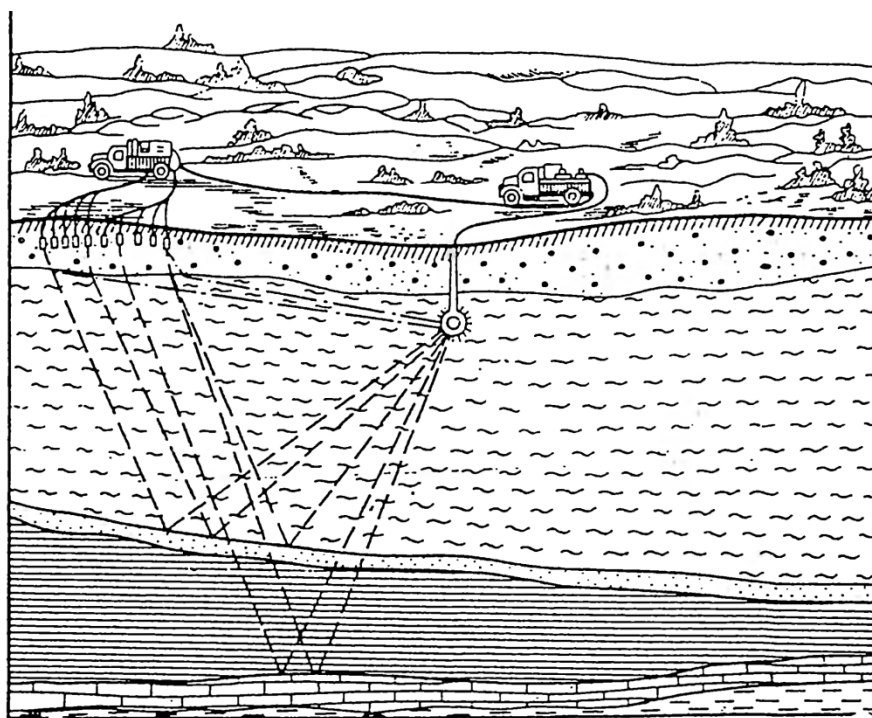


Рис.14. Схема сейморазведочных работ методом отраженных волн (по В.Н. Дахнову)

При изучении магматических горных пород, обладающих аномальными магнитными свойствами, и выявлении зон тектонических нарушений как вспомогательный метод применяют **магниторазведку**.

4.4.2. Геофизические исследования в горных выработках

Геофизические исследования в буровых скважинах (шурфах и других горных выработках), проводимые для изучения геологического разреза горных пород, их водоносности и температуры воды, называют *каротажем* (рис.15). Различают электрический, радиоактивный, резистивиметрический и другие виды каротажа.

Электрический каротаж основан на измерении вдоль ствола скважины кажущегося электрического сопротивления пород (метод КС) и потенциала естественного поля (метод ПС). Для этого один электрод перемещается по скважине, а второй располагают на поверхности; в образовавшейся электрической цепи измеряют силу тока.

Этими методами расчленяют толщу пород по литологическим признакам, выделяют пласты, насыщенные водой, и т. д.

Радиоактивным каротажем вдоль всего разреза скважины измеряют интенсивность естественного гамма-излучения горных пород (гамма-каротаж ГК) и вторичного гамма-излучения, возникающего в породах при их облучении нейтронами из источника, перемещаемого вдоль ствола скважины (нейтронный гамма-каротаж НГК). С помощью радиоактивного каротажа можно определить состав и состояние пород, а также некоторые их свойства: плотность, влажность, плотность сухого грунта и др.

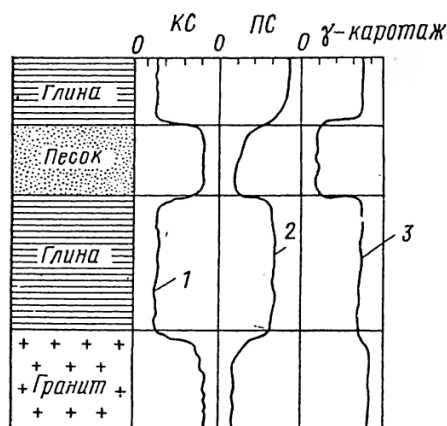


Рис. 15. Схематическая каротажная диаграмма:
1, 2 и 3 - кривые кажущегося сопротивления (КС); собственной поляризации (ПС) и радиоактивный каротаж (у-каротаж)

В комплекс обязательных геофизических исследований в скважинах роторного бурения входят методы каротажа КС, ПС и ГК.

Геологический и гидрогеологический разрез скважины устанавливают при сопоставлении кривых КС, ПС и ГК. Каротаж служит также для контроля геологической документации скважин.

Резистивиметрический каротаж применяют для обнаружения мест притока (или поглощения) воды в скважине; определения скорости её движения и др. После промывки и заполнения скважины раствором поваренной соли с помощью специального прибора резистивиметра, опускаемого в скважину, следят за изменением удельного электрического сопротивления раствора ρ . Места притока воды в скважину обнаруживают по увеличению величины сопротивления (рис. 16), так как подземные воды менее соленые, чем раствор поваренной соли, а следовательно, должны обладать большим электрическим сопротивлением. Скорость движения подземных вод определяется по интенсивности возрастания электрического сопротивления ρ в процессе замещения солевого раствора подземными водами.

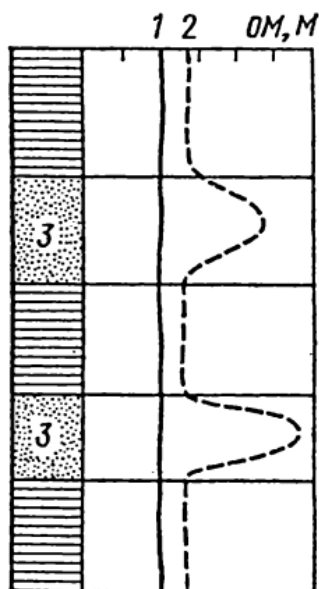


Рис. 16. Обнаружение водоносных горизонтов (3) по резистивиметровой кривой (ρ): 1 - кривая ρ в начале опыта; 2 - то же, в конце опыта

С помощью этих и других геофизических методов (как в скважинах, так и с поверхности земли) определяют также места коррозии подземных металлических конструкций, обнаруживают и оконтуривают загрязненные породы, устанавливают участки фильтрации воды через земляные плотины, оконтуривают талики в многолетнемёрзлых породах и решают другие сложные вопросы.

Геофизические методы исследования постоянно развиваются и совершенствуются в направлении повышения точности и расширения области применения. Они относятся к скоростным, высокопроизводительным методам и с каждым годом приобретают все большее значение при решении разнообразных задач в инженерной геологии и гидрогеологии.

4.5. Опытные полевые работы и стационарные наблюдения

Опытные работы подразделяют на полевые исследования грунтов при инженерно-геологических изысканиях и опытно-фильтрационные при гидрогеологических исследованиях.

4.5.1. Полевые исследования грунтов

За последние годы большое распространение получило изучение грунтов в полевых условиях (опытные работы), непосредственно в условиях их естественного залегания. Это сокращает количество разведочных выработок, объём лабораторных работ, а в ряде случаев дает возможность определить сжимаемость и другие свойства с точностью большей, чем при лабораторных работах. В состав опытных полевых работ входят испытания штампами, прессиометрия, зондирование, вращательный срез и другие методы.

Штамповые испытания (ГОСТ 20276—85) в шурфах и скважинах проводят при изысканиях под ответственные сооружения для получения надежных характеристик сжимаемости грунта. На жесткий штамп, устанавливаемый на дне шурфа (или скважины), передают различное

удельное давление с помощью домкратов или тарированных грузов (рис. 17). На основании наблюдений строят графики зависимости осадки штампа от нагрузки $S = f(P)$ и по этим данным оценивают степень сжимаемости грунтов. Разновидностью штамповых испытаний является метод *прессиометрии*. Сущность этого скоростного (в отличие от длительных опытных нагрузок) метода состоит в обжатии и деформировании грунта в стенках скважины. По величине этих деформаций определяют показатели сжимаемости грунтов. Прессиометр имеет небольшой вес, транспортабелен и широко используется для определения сжимаемости слабых грунтов (илистых, мягкопластичных и других). Схемы штамповых испытаний другими способами показаны на рис. 18 (по ГОСТу 20276—99).

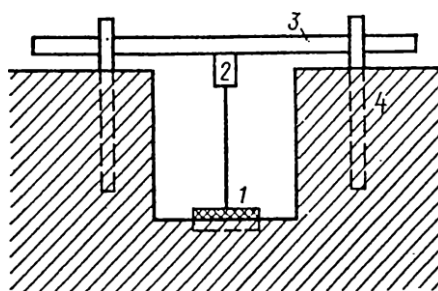


Рис. 17. Схема установки для испытания грунтов опытной нагрузкой: 1 — штамп; 2 — домкрат; 3 — балка; 4 — анкерная свая

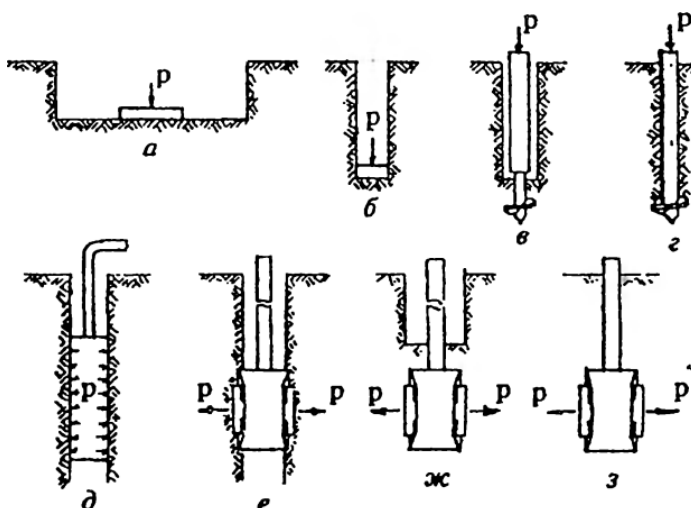


Рис. 18. Схемы штамповых испытаний грунта в скважинах и шурфах: а — плоским штампом в шурфе; б — то же в скважине; в — винтовым штампом ниже забоя буровой скважины; г — то же в массиве; д — радиальным прессиометром; е — лопастным прессиометром в стенке скважины; ж — то же ниже забоя буровой скважины; з — то же в массиве

Статическое и динамическое зондирование выполняют для расчленения толщи песчано-глинистых пород на глубину 15-20 м, изучения их состава и свойств, выделения ИГЭ, установления глубины залегания грунтовых вод и для решения других задач, не прибегая к бурению скважин. Сущность метода заключается в определении сопротивления проникновению в грунт металлического наконечника (зонда).

По способу погружения наконечника различают зондирование динамическое и статическое. При *динамическом зондировании* (ГОСТ 19912—81) зонд погружают ударами стандартного груза, падающего с определенной высоты. Плотность и прочность грунтов характеризуется числом ударов, необходимых для забивки зонда на определенную глубину, или глубиной погружения конуса ($S, \text{см}$) от определенного числа ударов.

При *статическом зондировании* (ГОСТ 2069—81) фиксируют усилие, необходимое для задавливания зонда. По этим данным строят кривую, наглядно показывающую, из каких слоев по плотности и прочности сложены исследуемые толщи пород (рис. 19).

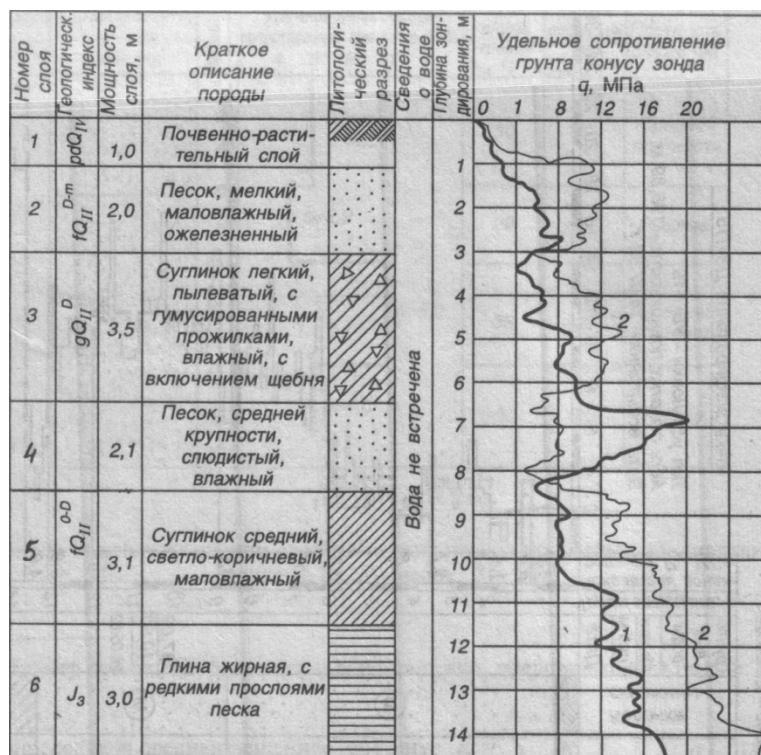


Рис. 19. График статического зондирования грунтов: 1 - q - удельное сопротивление грунта под конусом зонда; 2 - f - сопротивление грунта на муфте трения зонда

В практике изысканий широкое распространение получил скоростной *пенетрационно-каротажный метод* (статическое зондирование, совмещенное с радиоактивным каротажем). По величине сопротивления грунта погружению конуса и замерам радиоактивности пород судят об их плотности, влажности, степени глинистости, глубине залегания грунтовых вод. Пенетрационно-каротажный метод значительно снижает стоимость инженерно-геологических изысканий. Производительность самоходной пенетрационно-каротажной станции - 150 м/смен.

В иловатых и мягкопластичных глинистых породах сопротивление сдвигу определяют сдвигомером – крыльчаткой (вращательный срез по ГОСТ 21719—80). Прибор состоит из четырехлопастной крыльчатки, штанг и измерительного устройства. Крыльчатка штангой вдавливается в грунт, а затем поворачивается. Прочностные свойства грунтов оценивают по изменению приложенного крутящего момента M (рис. 20) .

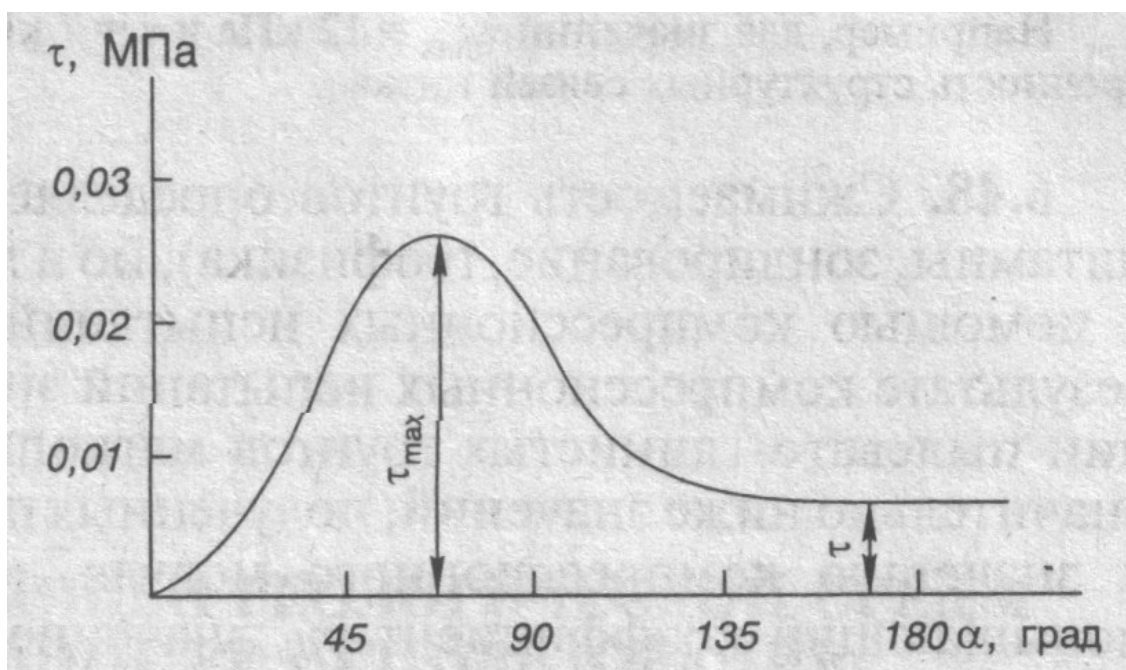


Рис. 20. График зависимости сдвигающего усилия τ от угла поворота α

Прочностные характеристики крупнообломочных грунтов и грунтов с включением валунов и гальки оценивают с помощью **среза целиков грунта** (ГОСТ 23741—79).

4.5.2. Опытнo-фильтрaционные исследования

Важнейшей составной частью гидрогеологических работ являются опытнo-фильтрaционные исследования. С их помощью определяют удельные дебиты скважин, водопроницаемость горных пород, взаимосвязь водоносных горизонтов, направление и скорость движения подземных вод. В состав опытнo-фильтрaционных работ входят: откачки, нагнетания в скважины, наливыв в шурфы, определения направления и скорости движения подземных вод.

Откачки воды из скважин (шурфов, колодцев и др.) проводят для определения их дебита, зависимости дебита от понижения, фильтрaционных характеристик водоносных пород, радиуса влияния и др.

Откачка воды из скважин - наиболее распространенный вид опытнo-фильтрaционных работ. Опытные откачки проводятся в наиболее характерных местах, выбранных в результате предварительного изучения геологического строения района, условий залегания водоносного горизонта, направления потока и т. п.

В зависимости от целевого назначения откачки воды из скважин подразделяют на пробные, опытные и опытнo-эксплуатационные.

Пробные откачки воды служат для предварительной оценки водоносности вскрытого горизонта. Продолжительность пробных откачек – 1-2 смены на одно максимально возможное понижение. Проводятся только из одиночных скважин.

Опытные откачки проводят при одном-трех понижениях уровня в течение нескольких суток. Величина понижения уровня должна быть не более 0,5- 0,75 мощности водоносного горизонта и не менее 1 м. Несколько понижений уровня при откачке дают возможность построить график зависимости $Q = f(S)$.

Опытная откачка воды ведется как из одной скважины или шурфа (одиночная откачка), так и при наличии наблюдательных скважин (кустовая откачка).

Опытнo-эксплуатациoннoе oткaчки нaибoлее прoдoлжитeльны пo времени (2-3 мeсяцa нa oднo мaксимaльнo вoзмoжнoе пoнижeниe урoвня). Цeль oткaчек - устанoвить вoзмoжнoе измeнeниe кaчeствa вoды и дeбитa сквaжин вo времени нa учaсткaх с нeблaгoприятными гидрoгeолoгическими условиями (нeзначитeльные эксплуатациoннoе зaпaсы, близкoe зaлeгaниe солeных вoд и др.).

Мeстo рaспoлoжeния oпытных кустoв для oткaчек вoды устанoвливают пo рeзультaтaм гидрoгeолoгическoй сьемки. Oпытные сквaжинy oбoрудуют филтpами (в нeустoйчивых пoрoдaх), сooтветствующими вoдoпoдъемниками (нaсoсы, эрлифты) и измeритeльными устрoйствaми (мeрными сoсудaми, рaсхoдoмeрaми, урoвнeмeрaми и др.).

Oпытный куст сoстoит из цeнтрaльнoй сквaжинy, из кoтoрoй вeдeтся oткaчкa вoды, и из нaблюдaтeльных, рaспoлoжeнных пo oднoму или двум лучaм пo нaпpавлeнию и пeрпeндикyлярнo движeнию пoдземнoгo пoтoкa. Чeм слoжнee гидрoгeолoгическe условия и чeм бoлee дeтaльную кaрaктeристикy вoдoпрoницaeмoсти пoрoд нeoбхoдимo пoлучить, тeм бoльшe зaклaдывaeтся сквaжин пo бoльшeму числy лучeй. Чaщe куст сoстoит из цeнтрaльнoй и двyx-трeх нaблюдaтeльных сквaжин, зaлoжeнных пo oднoму лучy, желaтeльнo пeрпeндикyлярнoму движeнию пoдземных вoд. Рaсстoяния мeждy цeнтрaльнoй и нaблюдaтeльными сквaжинaми бeрyтcя бoльшими в хoрoшo вoдoпрoницaeмых пoрoдaх и увeличивaются с удалeниeм пoслeдних oт цeнтрaльнoй.

Пeрeд oткaчкoй сквaжинy oбoрудуютcя филтpами. В цeнтрaльнoй сквaжинe диaмeтрoм 150 - 250 мм устанoвливaeтся филтp диaмeтрoм 100 - 150 мм, в нaблюдaтeльных сквaжинaх диaмeтрoм 75 - 100 мм - филтp диaмeтрoм 50 - 75 мм. Тип филтpа сквaжин oпытных кустoв выбиpaeтся с учeтoм литoлoгическoгo сoстaвa вoдoсoдeржaщих пoрoд и прoдoлжитeльнoсти рaбoты сквaжинy.

В гaлeчникaх и нeустoйчивых трeщиновaтых пoрoдaх пpимeняeтся филтpы в видe пeрфoрирoвaннoй мeтaлличeскoй тpубы с кpуглыми или

щелевыми отверстиями диаметром или шириной 10 - 20 мм со скважностью 20 - 25%. *Скважность* - отношение площади отверстий к боковой поверхности фильтра в процентах.

При откачке им *водоносных песков* применяются сетчатые фильтры, и которых рабочая часть состоит из перфорированной трубы с круглыми отверстиями диаметром 5 - 10 мм или щелевыми шириной 10 - 20 и длиной 100 - 200 мм, проволочной обмотки и сетки. Обмотка медном проволокой диаметром 2 - 3 мм производится для того, чтобы сетка не прилегала к трубе плотно и обеспечивала бы большую пропускную способность фильтра. Сетка подбирается с расчетом, чтобы 40 - 60% песчаной породы проходило через ее отверстия. В мелкозернистых глинистых песках для увеличения захватной способности вокруг фильтра устраивается песчано-гравелистая обсыпка толщиной 40 - 60 мм. Диаметр зерен обсыпки берется больше среднего диаметра водоносного песка в 4 - 6 раз.

Рабочая часть фильтра должна быть не менее 3 - 5 м. Пробная откачка ведется при одной-двух ступенях понижения продолжительностью 1 - 2 смены каждая. Опытная откачка проводится при двух-трех ступенях понижения продолжительностью 1 - 3 суток (3 - 9) смен, из них около 8 часов должны наблюдаться постоянные дебит и понижения в центральной и наблюдательных скважинах. Откачка с большей продолжительностью проводится для оценки дебита скважины, пробуренной в целях водоснабжения (до 15 - 45 суток) при неясной водообильности опробуемого водоносного горизонта.

Величина понижения берётся: минимальная 1 м и более (до $0,15H$); максимальная 3 м и более (до $0,45H$), где H - мощность безнапорного водоносного слоя или столб воды напорного водоносного слоя.

Для откачки в зависимости от глубины залегания уровня воды и дебита скважины применяются центробежные насосы, штангово-поршневые, эрлифты, артезианские турбинные насосы (АТН) и др.

Во время откачки через каждые 30 - 60 минут замеряют дебит откачиваемой воды и уровня воды по всем скважинам для дальнейшего вычисления коэффициента фильтрации.

По результатам откачек строят гидрогеологические разрезы по каждому лучу наблюдательных скважин, вычерчивают графики зависимости дебита и удельного дебита от времени и понижения, рассчитывают коэффициент фильтрации и др.

По данным опытных откачек, проводимых при *неустановившемся движении* подземных вод, помимо коэффициента фильтрации определяют также коэффициент пьезопроводности и коэффициент уровнепроводности. При детальной разведке крупных участков опытными откачками определяют также коэффициент пьезопроводности в артезианских водах и коэффициент уровнепроводности в грунтовых водах, которые необходимы для расчётов расхода и радиуса влияния водоотлива или водопонижающих скважин при проектировании осушения на разные периоды эксплуатации (через 1 год, 5, 10, 20 лет). Коэффициенты пьезопроводности и уровнепроводности характеризуют скорость передачи изменения давления в водоносном пласте под влиянием откачки воды.

Водопроницаемость трещиноватых горных пород (как водоносных, так и неводоносных) изучают с помощью **опытных нагнетаний воды в скважины**. В последние годы этот метод получил широкое развитие при изысканиях для захоронения промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты.

Опытные нагнетания заключаются в подаче воды сверху под напором в опробуемый интервал скважин. О водонепроницаемости пород судят по величине удельного водопоглощения q , т. е. по расходу воды литров в минуту на единицу длины интервала скважины при давлении нагнетания $\approx 0,1$ МПа.

Чем выше степень трещиноватости и пустотности горных пород, тем больше величина удельного водопоглощения. Нагнетание производят

различными способами, из которых наиболее распространен способ последовательного опробования скважины «сверху вниз».

Для изучения водопроницаемости пород зоны аэрации, т. е. неводоносных пород, проводят **опытные наливы воды в шурфы**.

Наиболее часто используют методы А. К. Болдырева и Н. С. Нестерова.

Метод Болдырева. В дне шурфа, пройденного на необходимую глубину, устраивают приямок диаметром до 0,5 м и глубиной 0,2-0,3 м (рис. 21, а). В приямок, стенки которого обычно закрепляют металлическим кольцом, заливается вода слоем 10 см. Уровень воды в кольце в течение всего опыта поддерживается постоянным. Через каждые 10-30 мин ведут замеры расхода воды на фильтрацию по водомерной трубке бака. Опыт проводят до стабилизации расхода воды, для чего в песках обычно требуется 10-20 ч, в суглинках и супесях – 24-48 ч.

В опытах принимается, что площадь поперечного сечения фильтрующегося из приямка потока равна площади кольца, а напорный градиент в условиях свободного просачивания близок к единице. Тогда коэффициент фильтрации пород определяется по закону Дарси.

Закон Дарси выражается формулой

$$Q = kF \frac{h}{l},$$

где Q — расход — количество фильтрующейся воды в единицу времени, м³/сутки; k - коэффициент фильтрации, м/сутки; F - площадь поперечного сечения потока, м²; h - напор или разность уровней в двух сечениях, l — длина пути фильтрации, м.

Заменяя — через I , получим $Q = kFI$.

Метод Болдырева завышает истинные величины коэффициента фильтраций, так как не учитывает боковое растекание воды под действием капиллярных сил, поэтому этот метод применяется в крупнозернистых песках, гравийно-галечных, трещиноватых скальных и других породах с незначительным капиллярным давлением.

Для определения водопроницаемости суглинистых и супесчаных пород больше пригоден метод Нестерова (рис. 21, б). В этом опыте используют два металлических кольца, концентрически залавливаемых в дно шурфа. Предполагается, что вода из внешнего кольца движется вниз и в стороны, а из внутреннего — только вниз, поэтому все замеры расхода воды ведут только по внутреннему кольцу.

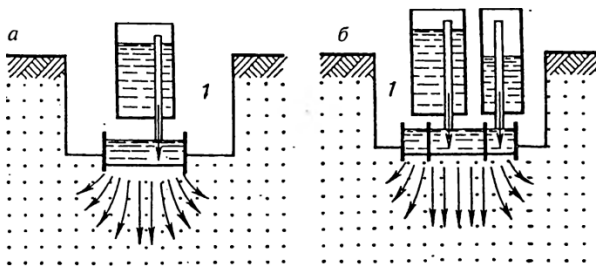


Рис. 21. Схема опытных наливов в шурфы:
а - по методу Болдырева; б - по методу Нестерова; 1- шурф

Коэффициент фильтрации определяют по формуле:

$$K_{\text{ф}} = Q_{\text{уст.}} / F_{\text{вн.}}$$

где $Q_{\text{уст.}}$ - установившийся расход воды, м³/сут; $F_{\text{вн.}}$ — площадь внутреннего кольца, м².

С учетом глубины просачивания и капиллярного подъёма воды коэффициент фильтрации пород рассчитывают по уточненной формуле Н. Н. Биндемана

где l — глубина просачивания воды от дна шурфа; σ — капиллярное давление; h — высота столба воды в кольце.

Глубина просачивания l определяется бурением двух скважин (до опыта и после опыта) и сопоставлением величин влажности по данным лабораторных определений.

Методику опытных наливов воды в шурфы продолжают совершенствовать, добиваясь сокращения длительности опыта, более точного учёта условий растекания фильтрационного потока, влияния заземлённого воздуха и сил капиллярного всасывания (методы И. К. Гириного, Н. И. Веригина, Н. Н. Биндемана и др.).

При мощности зоны аэрации более 8-10 м используют также **опытные налив**ы воды в одиночную скважину, шурф или в центральную скважину при наличии наблюдательных. Порядок проведения опытного налива тот же, что и для опытных откачек. Замерив уровень воды в скважинах до опыта, производят налив, подавая в скважину количество воды, равное расходу, при котором созданный уровень сохраняется постоянным. Налив продолжается до тех пор, пока расход и уровень в скважинах будут постоянными в течение нескольких часов и создается установившееся движение воды.

При выборе наиболее рационального размещения дренажных устройств, зон санитарной охраны и т. д. важно знать пути и характер фильтрации подземных вод. С этой целью организуют **опытные работы по определению направления и скорости движения подземных вод**.

Направление подземного потока для небольшого участка можно установить, замерив уровень воды в трех скважинах (или шурфах), пройденных в вершинах треугольника со сторонами 50-100 м (рис. 22). Стороны треугольника делят на пропорциональные отрезки в соответствии с отметками уровней воды в скважинах. Затем точки с одинаковыми отметками соединяют, т. е. проводят гидроизогипсы для грунтовых или гидроизопьезы для напорных вод. Направление потока подземных вод определяют по линии, перпендикулярной гидроизогипсам (гидроизопьезам).

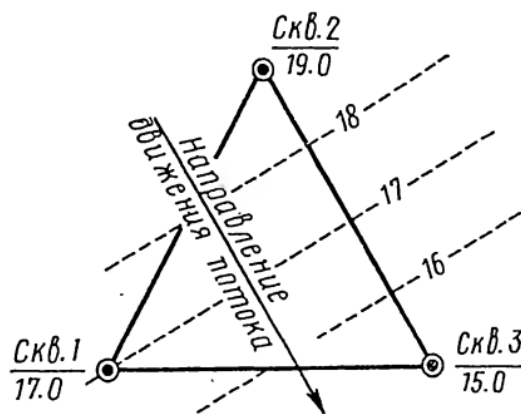


Рис. 22. Определение направления грунтового потока по трем скважинам

Для значительной территории направление подземного потока определяют по картам гидроизогипс (гидроизопьез), построенным по данным режимных наблюдений.

Скорость движения подземных вод устанавливают с помощью индикаторных и реже других методов. Для этого проходят пусковую скважину, а ниже по направлению подземного потока закладывают наблюдательные скважины. Расстояние между пусковой и наблюдательной скважинами зависит от водопроницаемости пород. Оно колеблется от 1-2 м - в суглинках, до 20 м в галечниках и трещиноватых породах.

В пусковую скважину запускают какой-либо индикатор (красители, электролиты, радиоактивные изотопы), а в наблюдательных скважинах следят за его появлением.

Скорость движения потока определяют по формуле

$$V_d = l/t.$$

где V_d - действительная скорость движения потока; l - расстояние между пусковой и наблюдательной скважинами; t — время хода индикатора.

В наблюдательных скважинах фиксируют не только время, отвечающее моменту появления индикатора, но и его максимальной концентрации. В первом случае рассчитывают максимальное значение V_d , во втором - среднее её значение.

Применяемые в опытах индикаторы должны легко обнаруживаться, не обладать ядовитыми свойствами и не адсорбироваться. Для этих целей чаще всего используют флюоресцеин, метиленовую синьку, поваренную соль, радиоактивные изотопы (цезий-137, фос-фор-23, йод-131) и др. Появление изотопов в наблюдательных скважинах фиксируют датчиками, опущенными в эти скважины, красителей и электролитов - калориметрическим (с помощью флюроскопа), химическим и электролитическим способами.

Для определения действительной скорости движения подземных вод применяют также геофизические методы (резистивиметрия, метод заряженного тела). Используя формулу $V_d = k_{\phi}I / n_{акт}$, действительную

скорость движения можно установить и по карте гидроизогипс. Для этого по карте определяют напорный градиент I и подставляют в формулу известные значения k_f и активной пористости $n_{акт}$ водоносных пород.

4.5.3. Стационарные наблюдения

Стационарные наблюдения - это длительные (не менее 1 года) наблюдения за изменением отдельных компонентов геологической среды (грунтов, подземных вод, опасных геологических процессов) и техногенных условий. Заключаются они в выборе характерных участков для наблюдений, установке сети реперов, инструментальных наблюдений за их перемещением и т. д. Наблюдения ведут в основном в период эксплуатации ответственных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях.

Сводом правил по инженерным изысканиям для строительства (СП 11-105—97, ч. I) устанавливается, что стационарные наблюдения следует осуществлять с помощью геодезических и геофизических методов, зондирования, лабораторных испытаний и контрольно-измерительной аппаратуры. Наиболее часто стационарные наблюдения производят за изменением уровня грунтовых вод, динамикой развития опасных геологических процессов (карста, оползней, селей и др.), осадками и деформациями зданий и сооружений, а также за температурным режимом многолетнемёрзлых пород.

При гидрогеологических изысканиях для водоснабжения стационарные наблюдения за режимом подземных вод осуществляют на всех стадиях и этапах проектирования и строительства. Особенно они важны в период эксплуатации водозаборов, так как именно в этот период заметно изменяются дебит, уровни, химический состав и температура подземных вод.

Стационарные наблюдения за режимом подземных и поверхностных вод проводятся для установления связи подземных вод с поверхностными водами рек и водоёмов, зависимости положения уровня подземных вод от метеорологических факторов (главным образом осадков) и взаимосвязи

между водоносными горизонтами. На участках со сложными гидрогеологическими условиями эти наблюдения должны вестись в течение нескольких лет, во всяком случае, не менее года. Организуются они при детальной разведке и нередко продолжаются в период эксплуатации.

По сезонам года изучается изменение химического состава подземных вод. Скважины стационарной сети наблюдений оборудуются фильтрами с прочно закрывающимися крышками во избежание засорения.

По данным стационарных наблюдений в районе действующих водозаборов выбирают наиболее рациональный режим водоотбора, корректируют гидрогеологические прогнозы, анализируют опыт эксплуатации.

4.6. Лабораторные исследования грунтов и подземных вод

Лабораторные исследования грунтов и подземных вод являются необходимой частью инженерно-геологических изысканий. В состав лабораторных работ входит отбор проб грунтов и подземных вод для анализа и лабораторные определения.

4.6.1. Лабораторные определения грунтов и обработка их результатов

Отбор проб грунтов производят из обнажений, буровых скважин, шурфов и других выработок. Пробы отбирают послойно, на всю глубину выработок, но не реже, чем через каждый 0,5-1,0 м. Наиболее детально опробуется слой, который будет несущим основанием сооружений. Из всех образцов, полученных при инженерно-геологических исследованиях, 5-10% отбирают для последующих лабораторных анализов.

Для инженерно-геологических работ обязателен отбор монолитов, т. е. образцов с сохранением их природного состояния и структуры. Монолиты отбирают из стенок шурфов и обнажений с помощью почвенного ножа. Они имеют форму, близкую к кубу с размерами от 10x10x10 см до 30x30x30 см. Из буровых скважин с помощью грунтоносов отбирают цилиндрические

монолиты высотой 20- 30 см. В глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции применяют *обуривающие грунтоносы*, а в грунтах пластичной консистенции - *вдавливаемые грунтоносы*. Монолиты немедленно парафинируют для сохранения их естественной влажности, т. е. туго обматывают слоем марли, пропитанной парафиногудронной смесью, подогретой до 60-65°C. Монолиты предохраняют от сотрясения и промерзания и хранят не более 1,5 месяцев.

Помимо монолитов отбирают образцы нарушенной структуры в специальные мешочки. Вес образцов до 0,5 кг.

Общий порядок отбора, упаковки и транспортирования образцов пород для лабораторных исследований определяется действующим ГОСТом 12071-2000.

Лабораторные определения грунтов выполняют как с помощью полевых лабораторий, так и в стационарных условиях.

Состав и объём лабораторных определений устанавливают в зависимости от номенклатурного вида грунтов (скальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые), целевого назначения, характера и стадии выполняемых инженерно-геологических изысканий.

Лабораторные исследования должны обеспечить возможность статистической обработки результатов и получения: 1) нормативных и 2) расчётных значений грунтов в соответствии с ГОСТ 20522—96. Первые вычисляют для всех характеристик грунта, вторые - только для характеристик, используемых в расчетах.

Нормативное значение характеристик грунта (исключая угол внутреннего трения и удельное сцепление) определяют как среднеарифметическое значение результатов частных определений X , вычисляемое по формуле:

$$X_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \text{ где } n \text{ — число определений.}$$

Нормативные значения углов внутреннего трения φ и удельного сцепления c вычисляются по методу наименьших квадратов для всей совокупности опытных значений сопротивления срезу τ_1 и нормального напряжения по формулам:

$$tg\varphi_i = \frac{n \sum_{i=1}^n \tau_i \sigma_i - \sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n \sigma_i}{n \sum_{i=1}^n (\sigma_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i \right)^2}, \quad c_i = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \tau_i - tg\varphi_i \sum_{i=1}^n \sigma_i \right)$$

Расчетные значения характеристик грунта x вычисляют по формуле:

$$x = x_n / y_d$$

где y_d - коэффициент надежности по грунту.

Коэффициент надежности по грунту (y_d) рассчитывают в зависимости от изменчивости характеристик грунта, числа определений и значения доверительной вероятности a , которое принимают в соответствии с рекомендациями норм проектирования различного вида сооружений.

Число определений характеристик грунтов в этих методах должно быть не менее шести.

Нормативные и расчетные значения характеристик грунта вычисляют для каждого **инженерно-геологического элемента (ИГЭ)**. За **ИГЭ** принимают часть массива грунтов (слой, часть слоя, прослой, линза и т. д.), одного и того же происхождения, и литологического состава, которое может быть описано обобщенными показателями состава, состояния и свойств слагающего его грунта.

Смысл выделения ИГЭ заключается в том, что несущественные различия в составе, состоянии и свойствах грунтов различных слоёв позволяют объединить их в отдельный ИГЭ, что существенно упрощает расчёт основания сооружения.

При выделении ИГЭ необходимо учитывать не только геологические условия, но и расчётную схему сооружения; его тип и характер передаваемой на грунт нагрузки. Например, тонкие прослой глинистых грунтов при

возможной работе грунтов основания на сдвиг следует выделять в отдельный ИГЭ или не выделять, если проектируемое сооружение рассчитывается только на сжатие.

На рис. 23 (по М. А. Солодухину, 1985) показан пример выделения ИГЭ на участке проектируемого сооружения на свайном фундаменте.

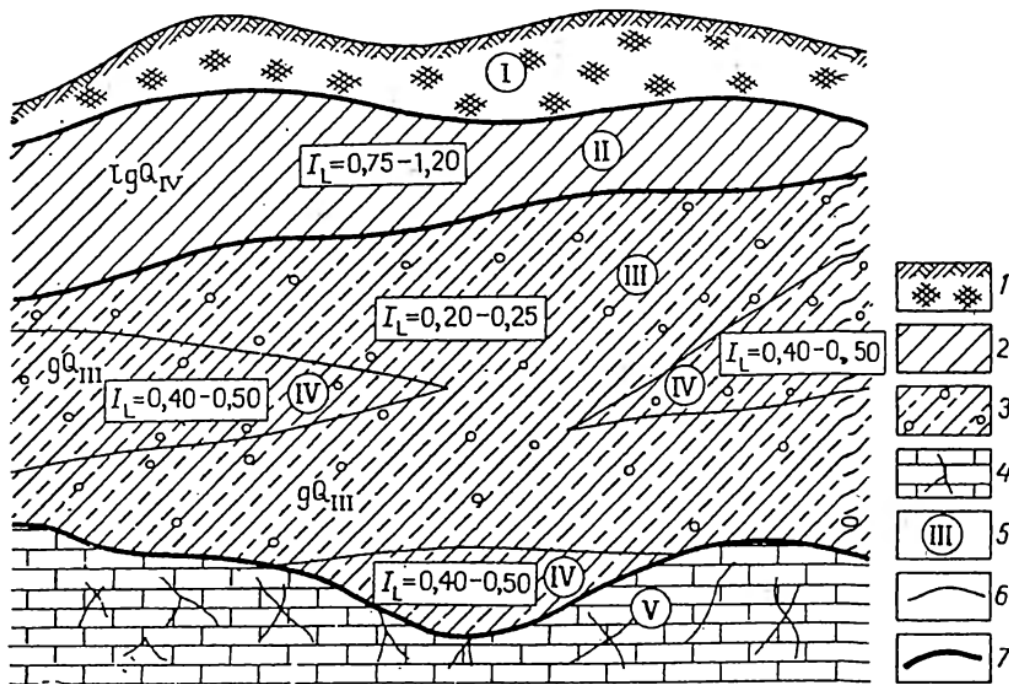


Рис.23. Инженерно-геологические элементы (ИГЭ) на участке проектируемого сооружения на свайном фундаменте:

1 — торф; 2 — озерно-ледниковые суглинки; 3 — моренные суглинки; 4 — известняки; 5 — номер ИГЭ; 6 — границы ИГЭ; 7 — границы слоев; I_L — показатель текучести

В самостоятельные ИГЭ, совпадающие с границами литологических и генетических разновидностей, выделены торф, озёрно-аллювиальные суглинки и известняки. По показателю текучести, моренные суглинки разделены на два ИГЭ, что соответствует принятой расчётной схеме свайных фундаментов.

Согласно ГОСТ 20522—96, окончательное выделение ИГЭ проводят на основе оценки характера пространственной изменчивости характеристик грунтов и их коэффициента вариации. Для анализа глинистых грунтов используют физические характеристики (влажность, коэффициент пористости, характеристики пластичности, показатель текучести), а при

достаточном количестве и механические. Для песчаных и крупнообломочных используются гранулометрический состав и влажность.

На основе установленных при инженерно-геологической схематизации ИГЭ на инженерно-геологических разрезах могут быть выделены *расчётные грунтовые элементы (РГЭ)*. За РГЭ принимают некоторый объем грунта не обязательно одного и того же происхождения и вида, в пределах которого нормативные и расчётные характеристики по условиям применяемого расчетного метода могут быть постоянными или закономерно изменяющимися. РГЭ может включать несколько ИГЭ или состоять из одной его части.

4.6.2. Лабораторные исследования подземных вод

Отбор проб воды производят непосредственно из источника или с помощью пробоотборников. Отбор воды в зависимости от вида анализа (полный или сокращенный) и степени минерализации воды осуществляется из каждого встреченного при бурении водоносного горизонта, в начале и в конце откачки, при наблюдениях за режимом подземных вод и т. д.

С помощью лабораторных анализов воды определяют химический состав, а при использовании подземных вод для хозяйственно-питьевых целей дополнительно — бактериальный состав, содержание микроэлементов и радиоактивных компонентов. Стандартным (сокращенным) химическим анализом устанавливают содержание Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , NH^+ , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , CO_2 (своб.), общей и карбонатной жесткости, окисляемости, сухого остатка, pH, а также характеризуют физические свойства воды. При полном анализе помимо указанных выше компонентов определяют K^+ , Mn, H_2S , а также мышьяк, фтор, свинец и другие микроэлементы, включая и радиоактивные. Окончательный перечень определений, выполняемых при полном анализе для питьевых целей, устанавливают в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологической службы.

Лабораторные исследования подземных вод выполняют непосредственно в полевых условиях и в стационарных лабораториях. Неустойчивые компоненты (агрессивную углекислоту, сероводород и др.), а также величину рН и физические свойства воды определяют на месте отбора пробы.

4.7. Камеральные работы и составление технического отчёта

Технический отчёт является итогом инженерно-геологических изысканий, его заключительным этапом. По результатам изысканий под отдельные здания и сооружения допускается вместо технического отчёта представлять **заключение**. По вопросам о возможности реконструкции строительного объекта также представляют техническое заключение.

Составление отчёта (заключения) входит в состав камеральных работ, т. е. работ по обработке материалов, полученных при полевых и лабораторных исследованиях. Камеральная обработка материалов в процессе изысканий ведется непрерывно. Различают текущую (предварительную) и окончательную камеральную обработку. В ходе последней производится уточнение и доработка представленных предварительных материалов, оформление текстовых и графических приложений и составление текста технического отчёта.

Содержание и объём технических отчетов зависит от вида исследований, стадий и этапа проектно-изыскательских работ и сложности проектируемых сооружений. В состав отчёта обычно входит три части: общая, специальная и приложения (текстовые, табличные и графические). Отчёт передается проектной организации, и на его основе выполняется необходимая проектная документация для строительства.

4.7.1. Технический отчёт об инженерно-геологических изысканиях

Общая часть отчёта содержит данные о природных условиях всего района исследований и позволяет получить о нём общее представление. Служит основой для специальной части отчёта. Материалы, изложенные в общей части, помогают проектировщикам и экспертам оценить правильность выводов, сделанных в специальной части отчёта.

Отчёт начинается с **«Введения»**, в котором указываются цели и задачи изысканий, местоположение района (площадок, трасс), виды и объём выполненных работ, состав исполнителей и др.

В главе **«Физико-географические и техногенные условия»** описываются климат, рельеф, почвы, поверхностные воды (количество осадков, глубины сезонного промерзания грунтов, направление ветров, отметки уровней воды водоемов и др.). Содержатся сведения о техногенных нагрузках, состоянии и эффективности инженерной защиты и др.

В главе **«Геологическое строение»** приводят сведения о геологической изученности района, возрасте, условиях залегания и распространении горных пород, тектонических особенностях и сейсмичности.

Основные типы, формы и элементы рельефа, их связь с геологическим строением освещаются в главе **«Геоморфология»**.

В главе **«Гидрогеологические условия»** характеризуют основные типы подземных вод, описывают водоносные горизонты, условия их залегания и питания, режим подземных вод, химический состав и агрессивность их по отношению к бетону и металлам и т. д.

Подробно рассматривают **«Геологические и инженерно-геологические процессы»**, которые могут оказать влияние на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений.

Общая часть обычно заканчивается главой **«Естественные строительные материалы»**, в которой приводят сведения о наличии местных строительных материалов (песка, камня и др.), условиях их залегания и разработки, дают оценку их качества и запасов.

Специальная часть отчёта, в свою очередь, состоит из ряда отдельных глав, посвященных детальному описанию строительной площадки (трассы). В этих главах излагают методику выполненных исследований. Детально освещают инженерно-геологические условия площадки (трассы) и прогноз их изменений, состав, состояние и свойства грунтов по выделенным инженерно-геологическим элементам (ИГЭ), приводят нормативные и расчетные характеристики грунтов, сравнивают между собой конкурирующие варианты площадок и трасс по степени благоприятности для строительного освоения, рекомендуют мероприятия по инженерной защите территории и проектируемых сооружений.

В «**Заключении**» (или в «**Выводах и рекомендациях**») приводят краткие результаты выполненных инженерно-геологических изысканий, рекомендации для принятия проектных решений, а также по проведению дальнейших изысканий или проведения специальных работ.

«**Приложения**». К отчету прилагаются различный графический материал в виде карт, колонок буровых скважин, инженерно-геологических разрезов, а также текстовые приложения (заявление-разрешение на производство инженерно-геологических работ, техническое задание заказчика, таблицы свойств грунтов, ведомости химических анализов воды и др.).

По материалам выполненных инженерно-геологических изысканий, главным образом по проектам крупных и ответственных сооружений в сложных геологических условиях, в необходимых случаях проводится государственная или ведомственная инженерно-геологическая **экспертиза**.

В экспертном заключении оцениваются правомерность выводов и рекомендаций, содержащихся в отчёте, и содержатся конкретные рекомендации по обеспечению нормальных условий эксплуатации зданий и сооружений.

Контрольные вопросы:

1. *Объясните, что такое инженерно-геологическое дешифрирование.*
2. *Что такое буровая скважина? Перечислите элементы буровой скважины.*
3. *Какие виды бурения скважин обычно применяют при инженерно-геологических исследованиях?*
4. *Какие горные выработки применяют при инженерно-геологических изысканиях?*
5. *Объясните методику отбора монолитов.*
6. *На основании какой документации строятся инженерно-геологические или гидрогеологические профили (разрезы)?*
7. *На чём основаны геофизические методы исследования?*
8. *Какие методы инженерно-геофизических изысканий занимают основное место в практике исследований?*
9. *Какие методы инженерно-геофизических изысканий применяются с поверхности?*
10. *Назовите геофизические методы исследования, применяемые в горных выработках.*
11. *Какие опытные полевые работы применяются для исследования грунтов?*
12. *Каковы цели опытно-фильтрационных исследований?*
13. *Что такое инженерно-геологический элемент?*

ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

5.1. Инженерно-геологические изыскания для градостроительных работ

Проектирование городского и поселкового строительства осуществляется стадийно. В настоящее время оно складывается из проектов: планировки и плана размещения первоочередного строительства, детальной планировки и проекта застройки.

Соответственно этому инженерно-геологические исследования проводят также по стадиям, применительно к каждому виду проектирования.

Исследования для проекта планировки и плана размещения первоочередного строительства. Инженерно-геологические исследования для проекта планировки городов (посёлков) должны дать оценку значительной территории с точки зрения возможности использования её для строительства. Геологические работы проводят в сочетании с другими исследованиями и проектными проработками; экономическими, климатическими, гидрогеологическими, экологическими, санитарно-гигиеническими и т. д.

По изучаемой территории должны быть получены сведения о рельефе, гидрологии, климате, почвах, растительности, геологическом строении, гидрогеологии, природных геологических явлениях и инженерно-геологических процессах (оползнях, карсте, просадках, сейсмике и т. д.), о составе и свойствах грунтов.

Инженерно-геологические изыскания проводят в три периода: подготовительный, полевой и камеральный. Инженерно-геологический отчет служит основанием для составления проекта планировки и плана размещения первоочередного городского и поселкового строительства.

Исследования для проекта детальной планировки. Проект детальной планировки существующего города (посёлка) включает в себя архитектурно-планировочную и техническую организацию районов застройки первой

очереди, устанавливает последовательность застройки, решает вопросы благоустройства, содержит проекты детальной планировки и застройки отдельных городских районов.

Основой инженерно-геологических исследований для проекта детальной планировки являются материалы, полученные при изысканиях для проекта планировки. Аналогичны состав и содержание работ и их последовательность (подготовительные работы, полевой период, камеральная обработка материалов).

На этой стадии проводят более детальное изучение геологии местности и свойств грунтов. Для этого закладывают дополнительные буровые скважины по створам вдоль новых или реконструируемых улиц, в местах специальных сооружений. Глубина скважины под сооружением в большинстве случаев достигает 8-10 м. При наличии слабых пород закладываются шурфы с отбором 2-3 образцов для проведения полного комплекса лабораторных исследований.

Исследования для проекта застройки. Проект застройки в пределах существующего города предусматривает строительство отдельных жилых домов (микрорайонов), кварталов, улиц и площадей. Проектирование проводят в две стадии — проектного задания и рабочих чертежей. Перед каждой стадией выполняют инженерно-геологические работы.

Изыскания для проектного задания освещают геологические и гидрогеологические условия всей изучаемой площадки, характеризуют инженерно-геологические свойства грунтов. В случае если для данной площадки ранее проводились изыскания для проекта планировки и проекта детальной планировки, то этих материалов вполне достаточно, чтобы не проводить новых исследований на стадии проектного задания застройки. При отсутствии каких-либо инженерно-геологических исследований изыскания проводят в составе и объёме, как это было показано выше для проекта планировки и проекта детальной планировки.

На стадии рабочих чертежей инженерно-геологические материалы могут быть оформлены в одном отчёте.

При составлении рабочих чертежей возможны случаи назначения дополнительных исследований. Это связано, главным образом, с изменениями в размещении зданий или проверкой имеющихся геологических материалов.

5.2. Инженерно-геологические изыскания при проектировании промышленных и гражданских зданий и сооружений

Строительство промышленных и гражданских зданий и сооружений в нашей стране носит массовый характер и отличается исключительным разнообразием, плотностью размещения, использованием подземного пространства, многоэтажностью застройки, сложностью инженерной инфраструктуры и другими особенностями.

Инженерно-геологические изыскания для промышленно-гражданского строительства **на этапе предпроектных работ** проводятся для крупных и ответственных объектов. Начинаются они со сбора всех имеющихся по данному району материалов по геоморфологии, геологии, гидрогеологии и инженерной геологии.

Собранные материалы изысканий прошлых лет обобщают в виде краткого отчёта, в котором даётся предварительное заключение об инженерно-геологических условиях строительства проектируемого объекта.

При недостаточном объёме архивных данных и в сложных инженерно-геологических условиях в районе работ проводится рекогносцировка и инженерно-геологическая съёмка, на основании которых составляется схематическая инженерно-геологическая карта. Инженерно-геологическая съёмка сопровождается необходимыми картировочными работами (бурением скважин и проходкой шурфов, геофизическими исследованиями, опытными полевыми работами и др.).

Инженерно-геологические изыскания на *предпроектном* этапе позволяют дать оценку инженерно-геологическим условиям территории при различных вариантах расположения строительных площадок с рекомендацией лучшего варианта.

Основная цель работ - выбор строительной площадки.

Стадия проекта. Инженерно-геологические изыскания на выбранной площадке должны дать необходимый материал для принятия окончательного варианта компоновки объекта, а также для решения всех конструктивных и иных проектных решений. Инженерно-геологические изыскания должны быть достаточными для выделения в плане и по глубине инженерно-геологических элементов по ГОСТ 20522—96, с определением нормативных и расчётных значений грунтов, установления гидрогеологических параметров, оценки интенсивности развития опасных геологических процессов и др.

В состав работ на стадии проекта входят:

- 1) инженерно-геологическая съёмка территории площадки в масштабах 1:2000 - 1:5000. При проектировании уникальных зданий и сооружений и в сложных инженерно-геологических условиях съёмки выполняются обычно в более крупных масштабах 1:1000 - 1:500, т. е. с большей детальностью;
- 2) бурение скважин и проходка шурфов;
- 3) полевые исследования грунтов (статическое и динамическое зондирование, испытания штампами и др.);
- 4) гидрогеологические исследования (оценка водопроницаемости грунтов методом откачек, определение химического состава, агрессивности к бетону и коррозионной активности к металлам и др.);
- 5) стационарные наблюдения за изменением отдельных факторов инженерно-геологических условий;
- 6) лабораторные исследования;
- 7) камеральные работы и составление отчёта.

На стадии **рабочей документации** инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать детализацию и уточнение инженерно-геологических условий на конкретных участках размещения проектируемых зданий и сооружений.

Состав и объёмы инженерно-геологических изысканий определяются видом (назначением) зданий и сооружений, уровнем их ответственности, сложностью инженерно-геологических условий и степенью геологической изученности района.

Наибольшее внимание при изысканиях на стадиях проектирования уделяют бурению скважин и проходке шурфов.

Разведочные выработки (скважины и шурфы) располагают по контурам или осям проектируемых зданий и сооружений (рис. 24), а также на границах геоморфологических элементов. Расстояние между выработками изменяется от 20 до 100 м (табл. 1, по СП 11-105-97, ч. I).

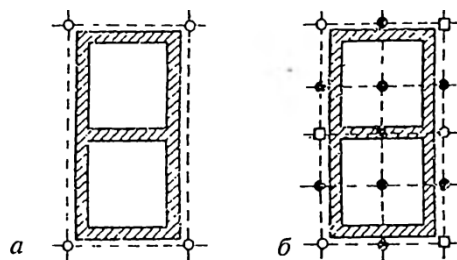


Рис. 24. Схема расположения скважин на участке проектируемого здания в простых (а) и сложных (б) геологических условиях

Таблица 1

| Категория сложности инженерно-геологических условий | Расстояние между разведочными выработками для зданий и сооружений I и II уровней ответственности, м | |
|---|---|--------|
| | I | II |
| I | 75—50 | 100—75 |
| II | 40—30 | 50—40 |
| III | 25—20 | 30—25 |

Общее количество скважин и шурфов в пределах контура каждого здания и сооружения должно быть, как правило, не менее 3, а для особо ответственных - не менее 4-5.

Глубина разведочных выработок должна превышать величину сжимаемой толщи грунтов оснований на 1-2м. При отсутствии данных о

сжимаемой толще глубину выработок принимают в зависимости от типов фундаментов и нагрузок на них, согласно таблицам, приведенным в СП 11-105—97, ч. I. Например, для проектируемых 4-6-этажных зданий на ленточных фундаментах глубина скважин от подошвы фундамента должна составлять 9-12 м, при 7-10 этажах – 12-15 м.

Глубину скважин для свайных фундаментов принимают ниже проектируемой глубины погружения свай не менее чем на 5 м (СНиП 2.02.03-85).

При плитном типе фундаментов глубину скважин принимают равной половине ширины фундамента, но не менее 20 м.

В районах распространения специфических грунтов примерно одна треть скважин должна пройти их на полную мощность, а на участках развития опасных геологических процессов - на 3-5 м ниже зоны их активного развития.

На участках строительства наиболее тяжёлых и ответственных сооружений, таких как доменные печи и некоторые другие уникальные объекты, при сложных инженерно-геологических условиях глубина выработок может значительно увеличиваться до 30 м, а в отдельных случаях до 50 м и более.

На стадии рабочей документации, объём и характер инженерно-геологических изысканий для промышленного и гражданского строительства может значительно различаться в зависимости от предполагаемых типов оснований и фундаментов (естественные основания, свайные фундаменты, объекты с фундаментами при динамических нагрузках).

Объекты на *естественном основании*. Инженерно-геологические изыскания должны освещать геологию участка на глубину всей активной зоны воздействия здания (сооружения), на грунты основания. При выборе в качестве оснований скальных и полускальных фунтов необходимо установить глубину залегания их кровли, которая очень изменчива. При нескальных основаниях для определения глубины заложения фундаментов

необходимо знать глубину промерзания грунтов. Определяются состав и свойства грунтов всех слоев активной зоны и прочностные показатели слоя, на который будет опираться фундамент.

Объекты на *свайных фундаментах*. Инженерно-геологические изыскания должны обеспечить решение следующих вопросов: выбор длины свай, для чего выявляется слой, на который можно опереть сваи; несущую способность свай; воздействие на свайное поле грунтовых вод; условия погружения свай и др.

Объекты с фундаментами при *динамических нагрузках*. Во время инженерно-геологических изысканий особое внимание уделяется прогнозу возможного изменения свойств грунтов при вибрации, особенно песков неплотного сложения и разжижающихся глин. Наиболее опасным является разжижение и выпор из-под фундаментов грунтов оснований. В таких сложных инженерно-геологических условиях необходимы дополнительные разведочные скважины и шурфы с отбором образцов грунтов для тщательного изучения состава и свойств на всю глубину активной зоны. Тщательно также изучаются слабые грунты (торфянистые, илистые и т. п.), которые требуют себе замены на песчаные подушки или искусственного укрепления. Изучаются состав и свойства насыпных грунтов, так как строительство на насыпных грунтах с содержанием гумуса, древесного и органического мусора не допускается.

Инженерно-геологические работы выполняют в обычном порядке. Отличие работ заключается только в том, что на площадках будущих высотных зданий (более 9 этажей) обязательно проводится изучение грунтов опытными нагрузками. Выполненные работы представляют в виде заключения об инженерно-геологических условиях площадки. При написании заключения большое внимание уделяют и обобщению опыта строительства эксплуатации зданий на соседних участках в сходных геологических условиях.

Инженерно-геологические изыскания при проектировании промышленных и гражданских зданий и сооружений могут быть продолжены на стадиях строительства, эксплуатации, реконструкции и ликвидации объектов.

5.3. Инженерно-геологические изыскания для обоснования проектов реконструкции зданий и сооружений

В последние годы в нашей стране наметилась тенденция роста капитальных вложений в реконструкцию и строительство зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки.

К сожалению, даже в сложных инженерно-геологических условиях у новых владельцев аварийно-деформированных зданий или зданий, подлежащих полной реконструкции, нередко не находится средств на усиление оснований и фундаментов и выполнение других работ, в силу их большой сложности и высокой стоимости. В этих условиях, во избежание аварийных ситуаций, необходим ответственный подход всех участников инвестиционного процесса. Это относится и к определению видов и минимально необходимых объемов инженерно-геологических изысканий, и к строгому выполнению всех конструктивных решений и мероприятий для обеспечения надежности объекта реконструкции.

Согласно СП 11-105—97, часть V «Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями», *реконструкция* в зависимости от состава и намечаемых строительных работ подразделяется на: -малую - капитальный ремонт здания, пристройка дополнительных выносных помещений (лоджий), замена отдельных видов технологического оборудования; инженерно-геологические изыскания не выполняются при условии увеличения нагрузки на основание не более 10% от существующей;

-среднюю - частичная перестройка существующего здания и сооружения, возведение отдельных надстроек (мансард), замена подкрановых балок, стальных колонн и другого оборудования; инженерно-

геологические изыскания выполняются на ограниченных участках территории объекта;

-полную - надстройка дополнительных этажей, снос аварийного здания и строительство новых зданий и сооружений взамен ликвидируемых; инженерно-геологические изыскания выполняются в полном объёме на всей территории объекта проектируемой реконструкции.

В техническом задании на изыскания для реконструкции в дополнение к обычным данным следует приводить сведения о существующем состоянии и предстоящих изменениях строительных конструкций, типе реконструкции (средней или полной), данные о наблюдениях за осадками и деформациями зданий, прикладывать чертежи фундаментов и др.

Следует учитывать, что предусмотренные программой состав и объёмы инженерно-геологических работ могут в процессе их выполнения подвергаться корректировке с учётом установленной категории состояния здания или сооружения (нормальное, удовлетворительное, неудовлетворительное, аварийное).

В *простых* инженерно-геологических условиях и для *средней реконструкции* зданий и сооружений инженерно-геологические изыскания проводят *в один этап*, не разделяя их по стадиям, а *в сложных условиях и полной реконструкции ответственных объектов поэтапно*:

- 1) для разработки предпроектной документации;
- 2) проекта;
- 3) рабочей документации.

Вначале строители проводят обследование состояния зданий и сооружений, их фундаментов, а инженеры-геологи изучают геологические условия застроенного участка, исследуют состав и свойства грунтов, гидрогеологические условия. В том случае, если сохранился проект здания (сооружения) и материалы прежних инженерно-геологических изысканий, объём работ для средней реконструкции может быть минимальным. Работа

сводится лишь к отбору монолитов грунта для лабораторных анализов и проверке состояния конструкций здания.

При полной реконструкции ответственных зданий инженерно-геологические работы необходимо выполнять в полном объёме. Проводится сбор и анализ архивных материалов, бурение скважин и проходка шурфов, геофизические исследования, полевые опытные исследования грунтов (статическое и динамическое зондирование, вращательный срез и др.). Выполняются лабораторные исследования грунтов и подземных вод, а также материал фундаментов, обследование свай и уточнение несущей способности грунтов.

Количество разведочных выработок и их глубины определяются размерами зданий (сооружений), а также сложностью геологического строения площадки.

Буровые скважины располагают вокруг здания (сооружения), а шурфы по характерным его сечениям - около фундаментов. Глубина шурфов должна быть ниже подошвы фундаментов на 0,5-1,0 м.

Значительной эффективностью обследования оснований под фундаментами отличается современный метод зондирования грунтов с помощью лопастного зонда (вращательный срез – «крыльчатка»).

Помимо традиционных геофизических методов (электроразведка, сейморазведка и др.), согласно СП 11-105—97, ч. IV, при изысканиях под реконструкцию может быть использован новейший метод радиоволнового зондирования с помощью георадара.

Используя георадар (переносной импульсный радиолокатор), можно выявлять засыпанные подвалы, подземные полости, просвечивать грунтовый массив под фундаментами существующих зданий, определять, глубины заложения свай дренажных систем и др. Ориентировочная глубина зондирования георадаром грунтовой толщи составляет для песков 25-30 м, для глинистых грунтов 8-10 м.

Состав инженерно-геологических изысканий под реконструкцию значительно усложняется, а объёмы их резко увеличиваются в случаях, если реконструируемое здание находится на территории со сложными инженерно-геологическими условиями (специфические грунты, опасные геологические процессы и др.).

По результатам выполненных работ составляется **технический отчёт** (заключение). В нём даётся инженерно-геологическое обоснование следующих возможных видов строительных работ: надстройки, закрепления грунтов оснований зданий и сооружений, усиления оснований и фундаментов, возведения на старых фундаментах новых зданий и сооружений, прокладки новых инженерных коммуникаций и др. На основании этих данных разрабатывается проект реконструкции здания, фундаментов и основания, определяется технология строительных работ.

Промышленные и гражданские здания и сооружения представляют собой сложный инженерный комплекс, взаимодействующий с трубопроводами, подъездными и внутризаводскими дорогами, линиями связи и другими объектами, расположенными в зоне их размещения. Поэтому параллельно с инженерно-геологическими изысканиями и проектированием основного сооружения выполняют аналогичные работы и для всей взаимовлияющей инженерной инфраструктуры.

5.4. Инженерно-геологические изыскания при проектировании автомобильных и железных дорог

Инженерно-геологические изыскания для дорожного строительства проводятся с целью получения исходных данных для проектирования трассы, земляного полотна, искусственных сооружений (включая мостовые переходы), станционных узлов, рабочих поселков и др. В задачу изысканий входят также поиски и разведка местных строительных материалов и источников водоснабжения.

Выполняются эти изыскания специализированными проектно-изыскательскими институтами, а на эксплуатируемых дорогах подразделениями службы пути и ведомственными организациями.

К инженерно-геологическому обоснованию проектирования автомобильных и железных дорог предъявляются повышенные требования, учитывая большую их протяжённость при малой ширине полосы изысканий и высокую чувствительность к возникающим изменениям геологической среды. Особенно трудоёмки и ответственны инженерно-геологические изыскания под новые автомобильные и железные дороги в районах распространения многолетней мерзлоты, в сейсмически активных зонах, при наличии заболоченных территорий, на склонах с оползнями, осыпями, снежными лавинами и др.

Инженерно-геологические изыскания для строительства автомобильных и железных дорог ведутся на стадиях (этапах): предпроектных работ (для крупных и сложных объектов), проекта и рабочей документации.

На стадии предпроектных работ для обоснования строительства новой дороги или реконструкции существующей в задачу инженерно-геологических изысканий входит получение информации, необходимой для выбора наиболее оптимального направления трассы, а также размещения на местности мостовых переходов, выемок, насыпей, тоннелей и других объектов. Все технически важные решения в дальнейшем проектировании дороги должны быть приняты уже на этой стадии работ.

В состав работ входят сбор и обработка имеющихся архивных и опубликованных работ, дешифрирование аэро- и космоснимков, аэровизуальные наблюдения (при необходимости). Для крупных объектов и в сложных инженерно-геологических условиях проводится рекогносцировочное обследование и инженерно-геологическая съёмка с сопутствующими ей геофизическими, буровыми и опытными работами (в небольшом объёме). Съёмкой должны быть охвачены не только районы

намеченных вариантов трасс дороги, но и прилегающие территории. Это важно для обоснования защитных мероприятий от опасных геологических процессов, имеющих развитие вблизи трассы дороги.

В результате проведенных работ составляется отчёт, включающий схематическую инженерно-геологическую карту района в масштабе 1:100000-1:200000, с характеристикой вариантов трасс дорог и обоснованием выбранного варианта.

Инженерно-геологические изыскания *на стадии проекта* проводятся по выбранному варианту трассы в полосе шириной от 0,2 до 0,5 км. Детально изучается не только трасса дороги, но и участки размещения мест индивидуального проектирования (глубокие выемки, высокие насыпи, искусственные сооружения и др.).

В состав инженерно-геологических работ входят: 1) инженерно-геологическая съёмка; 2) бурение скважин и проходка горных выработок; 3) опытные работы; 4) стационарные наблюдения; 5) лабораторные исследования и 6) камеральные работы.

Буровые скважины при инженерно-геологической съёмке проходятся по всей проектируемой трассе дороги с расстояниями между ними 350-500 м и глубиной 3-5 м (СП 11-105-97, ч. I).

На участках со сложными инженерно-геологическими условиями (оползневые склоны, заболоченные участки и др.) предусматриваются отдельные поперечники из 3-5 скважин, а также уменьшаются расстояние между ними и увеличивается их глубина (рис. 25).

На участках трасс линейных сооружений индивидуального проектирования (искусственные сооружения, выемки, насыпи и др.) размещение и глубина скважин принимается в соответствии с табл. 2 по СП 11-105-97, ч. I.

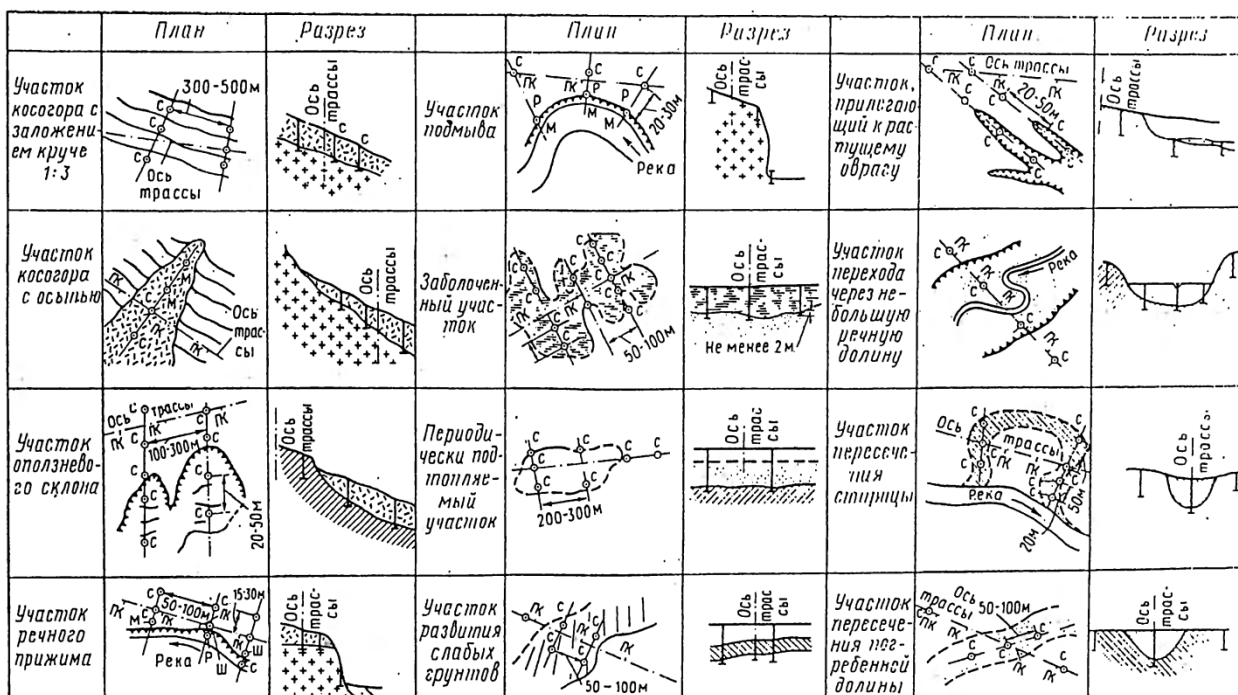


Рис. 25. Размещение и глубина скважин при изысканиях для дорожного строительства на участках со сложными инженерно-геологическими условиями

Таблица 2

Размещение скважин по оси трассы и на поперечниках

| Сооружения | Расстояние между скважинами | | |
|--|--|--------------------|-----------------------------------|
| | по оси трассы, м | на поперечниках, м | расстояние между поперечниками, м |
| Насыпи и выемки высотой (глубиной) | | | |
| До 12 м | 100—300 | 25—50 | 100—300 |
| Более 12 м | 50—100 | 10—25 | 50—100 |
| Искусственные сооружения при переходах трасс через водотоки, овраги | | | |
| Мосты, путепроводы, эстакады и др. | В местах заложения опор по 1—2 скважине глубиной 6—8 м | — | — |
| Водопрпускные трубы | В точках пересечения с осью трубы | 10—25 | — |

Глубину скважин при высоте насыпей до 12 м принимают 3- 5 м на слабосжимаемых и 10-15 м на сильносжимаемых грунтах. Для выемок - на 1-3 м ниже глубины сезонного промерзания (от дна выемки).

Для инженерно-геологического обоснования проекта автомобильной или железной дороги по результатам выполненных работ представляют следующие необходимые материалы:

1) инженерно-геологические карты масштаба 1:2000-1:10 000 полосы вдоль трассы дороги шириной 0,3-0,5 км и участков, на которых земляное полотно будет возводиться по индивидуальным проектам (высокие насыпи, глубокие выемки, искусственные сооружения);

2) инженерно-геологические разрезы по оси земляного полотна дороги и на участках индивидуального проектирования;

3) ведомости нормативных и расчетных: показателей свойств грунтов по каждому выделенному ИГЭ;

4) данные гидрогеологического изучения трассы дороги с указанием мест водозаборов, размещения дренажных систем и др.;

5) материалы по обеспечению строящейся дороги естественными строительными материалами (данные об их месторождениях, включая показатели качества и запасы полезного ископаемого, условия вскрытия и разработки).

Инженерно-геологические изыскания *на стадии рабочей документации* проводятся для уточнения инженерно-геологических условий трассы, а также на участках перетрассировки и смещения положения отдельных проектируемых искусственных сооружений на местности.

По результатам полевых и лабораторных работ составляют отчет об инженерно-геологических условиях проектируемой железной или автомобильной дороги.

5.5. Инженерно-геологические изыскания мостовых переходов

Понятие «**мостовой переход**» включает в себя мост, подходы к мосту, регуляционные и защитные сооружения. Мосты в зависимости от своей длины подразделяются на *малые, средние и крупные*. Инженерно-геологические изыскания для малых мостов (длиной менее 25 м) проводятся в составе изысканий по трассам автомобильных и железных дорог как для объектов индивидуального проектирования, а именно искусственных сооружений (см. табл.2).

Состав и объёмы инженерно-геологических изысканий для строительства *средних* (длиной от 25 до 100 м) и *больших мостов* (длиной свыше 100 м) определяются ведомственными строительными нормами ВСН 156-88 «Инженерно-геологические изыскания железнодорожных, автодорожных и городских мостовых переходов».

В состав инженерно-геологических изысканий для выбора места и трассы мостового перехода входят: сбор и систематизация всех материалов изысканий прошлых лет, инженерно-геологическая рекогносцировка, инженерно-геологическая съёмка, геофизические исследования, бурение скважин и горнопроходческие работы с отбором проб грунтов и воды, полевые исследования грунтов (при необходимости), лабораторные работы, стационарные наблюдения и камеральные работы.

Согласно ВСН 156—88, рекогносцировка проводится вдоль осей намеченных вариантов мостового перехода и вдоль водотока выше и ниже по течению на 300-500 м от оси. Съёмочные работы в масштабе 1:5000-1:10 000 выполняются по всем вариантам мостового перехода с проходкой при необходимости скважин и горных выработок. Ширина полосы съёмки на каждом варианте должна быть не менее 300 м. Большое внимание до начала полевых работ уделяют сбору и анализу имеющихся фондовых и других материалов по геологии, геоморфологии и гидрогеологии района, а также дешифрированию аэро- и космоснимков.

Изыскания на стадии обоснования ***предпроектной документации*** завершаются составлением отчёта со сравнительной характеристикой инженерно-геологических условий каждого из изученных вариантов и рекомендациями по выбору основного варианта мостового перехода.

Важнейшее значение для выбора основного варианта трассы мостового перехода имеет геологическое строение долины (литологический состав и условия залегания четвертичных и коренных пород). Наиболее благоприятными основаниями для опор моста служат нетрещиноватые (или малотрещиноватые) скальные породы, плотные ледниковые отложения,

мощные толщи аллювиальных песчано-гравийных отложений. Прочностные и деформационные характеристики этих пород должны обеспечивать устойчивость и долговечность моста и подходов к нему.

Инженерно-геологические изыскания *на стадии проекта* на участке, выбранном для размещения мостового перехода, должны подтвердить правильность его выбора, а также дать дополнительную инженерно-геологическую и гидрогеологическую информацию, необходимую для проектирования всего комплекса сооружений мостового перехода и подходов к нему. На стадии проекта должен быть дан прогноз изменения геологической среды в период строительства и эксплуатации, а также выявлены и оценены запасы грунтовых строительных материалов.

Для решения этих вопросов вдоль оси мостового перехода на участке шириной 100-200 м выполняют детальную инженерно-геологическую съёмку в масштабе 1:2000-1:5000, которая сопровождается комплексом разнообразных инженерно-геологических исследований.

Основным видом инженерно-геологических работ является бурение скважин, как в русле реки, так и на пойменных подходах к мосту. Количество скважин и их глубина определяются в зависимости от длины проектируемого моста, сложности инженерно-геологических условий и степени изученности участка работ.

Для средних мостов, как правило, бурят три-пять скважин глубиной 10-15 м, а для больших мостов - шесть-восемь и более скважин глубиной 15-30 м, иногда до 40-50 м. Если на выбранном участке залегают аллювиальные или другие рыхлые отложения, их проходят на полную мощность и врезаются в толщу плотных коренных пород. Бурение скважин сопровождается отбором монолитов грунта и образцов нарушенной структуры.

Несколько скважин необходимо проходить и на подходах к мосту: в среднем 1 скважина глубиной 4-6 м бурится через каждые 200-300 м в районе пойменной террасы.

Бурение скважин в русле реки возможно лишь зимой при наличии достаточной толщи льда, либо в летний период - с плотов или понтонов.

На стадии проекта для изучения геологических условий строительства фундаментов опор моста, подходов к нему и регуляционных сооружений проводятся также геофизические исследования (электро- и сейсморазведка, каротаж), полевые испытания грунтов с помощью статических нагрузок, статическое и динамическое зондирование, лабораторные исследования свойств грунтов и химического состава подземных вод и др.

По результатам выполненных работ составляют *детальную* инженерно-геологическую карту и геологические разрезы по оси моста и его подходов, а также по оси дамб и другим регуляционным сооружениям.

На стадии *рабочей документации* уточняют данные, полученные на стадии проекта, в частности, по инженерно-геологическим условиям оснований опор моста. Продолжаются работы по сбору гидрометрических и гидрологических данных об уроненном и ледовом режиме реки, скоростях течения и др., необходимых для прогноза развития подмыва и размыва русла и берегов реки. В случае необходимости увеличения объемов запасов грунтовых строительных материалов, ведётся их доразведка. В сложных инженерно-геологических условиях продолжают стационарные наблюдения за динамикой развития опасных геологических процессов.

По окончании работ составляют технический отчёт о результатах инженерно-геологических изысканий мостового перехода с необходимыми графическими и табличными приложениями (план участка мостового перехода масштаба 1:1000, на который наносят береговые устои и опоры; инженерно-геологическую и геоморфологическую карту масштаба 1:2000-1:10 000, инженерно-геологические разрезы, расчётные и нормативные показатели свойств грунтов, данные, характеризующие гидрологический режим реки и интенсивность развития неблагоприятных геологических процессов.

В отчёте приводятся общие выводы об инженерно-геологических условиях строительства мостового перехода и даются необходимые рекомендации по обеспечению его устойчивости и долговечности.

5.6. Инженерно-геологические изыскания при проектировании систем водоснабжения, водоотведения и теплогазоснабжения

5.6.1. Плотины и водохранилища

Инженерно-геологические изыскания для *гидротехнических сооружений в целях водоснабжения* (плотины и водохранилища) относятся к числу наиболее сложных и ответственных из всех видов изысканий под указанные выше объекты.

По своему характеру гидротехнические сооружения систем водоснабжения (плотины, водохранилища) достаточно разнообразны. Они могут быть крупными и сложными объектами, в виде плотин, перекрывающих реки, и сравнительно небольшими и простыми сооружениями в виде невысоких (менее 10 м) земляных плотин с небольшими чашами водохранилищ. Последние наиболее часто встречаются в сельских местностях, в районах поселкового строительства для решения вопросов обеспечения водой отдельных промышленных объектов.

В основе проектно-изыскательских работ для обоснования проектов гидротехнических сооружений, как и для других видов строительства, лежит их стадийность (этапность). Для наиболее простых сооружений возможно *одностадийное* проектирование с составлением рабочего проекта. Для сложных сооружений предусматривается *предпроектный этап* (схема комплексного использования реки) и две стадии проектирования: *проект и рабочая документация*.

Большое влияние на инженерно-геологические изыскания оказывает сложность геологического строения. Условия могут быть простые, сложные и весьма сложные. При простых геологических условиях объект строится на естественном основании, нагрузки на грунты не ограничиваются. Сложные

условия требуют улучшения свойств грунтов, величины нагрузок ограничиваются. Весьма сложные геологические условия свойственны сейсмическим, карстовым районам, участкам с многолетнемерзлыми и органоминеральными грунтами и др. Строительство в таких районах требует проведения сложных мероприятий по улучшению состояния и свойств грунтов, принятия специальных конструктивных решений.

На предпроектном этапе важное значение имеет сбор, систематизация, анализ и обобщение материалов ранее проводившихся изысканий и исследований (геоморфологических, геологических, гидрогеологических, топографических и др.). В ходе рекогносцировочного обследования участка долины, которое при необходимости может сопровождаться (в минимальном объёме) бурением отдельных скважин, геофизическими исследованиями и др., ориентировочно определяют возможное месторасположение и размеры плотины, площадь чаши водохранилища и других компонентов проектируемого гидроузла.

Окончательный выбор створа плотины возможен лишь после проведения инженерно-геологической съёмки участка долины, в пределах которого намечено разместить плотину и водохранилище. Съёмка - важнейший вид работ в общем комплексе инженерно-геологических изысканий для плотин и водохранилищ.

Инженерно-геологическая съёмка проводится в масштабе 1:25 000 (при длине чаши водохранилища до 10-15 км) или 1:50 000 при длине чаши до 20-30 км. В сложных геологических условиях масштаб съёмки должен быть крупнее - 1:25 000. В состав съёмки входит комплекс геофизических исследований буровых и горнопроходческих работ, полевых опытных работ, лабораторных исследований, стационарных наблюдений и других видов работ.

Гидрогеологические исследования, в первую очередь, должны охарактеризовать условия фильтрации в районе плотины с целью определения постоянных и временных потерь воды из чаши водохранилища.

На *предпроектном этапе* работ проводятся также поиски и разведка строительных материалов, для решения вопроса обеспеченности ими проектируемых сооружений гидроузла. Подсчет запасов выполняют из расчета превышения потребностей в 2-3 раза.

Конечным результатом инженерно-геологических работ на *предпроектном этапе* является технический отчет с обоснованием целесообразности выбранного створа плотины и чаши водохранилища.

Инженерно-геологические изыскания для *разработки* проекта выполняются на выбранном створе плотины и в чаше водохранилища. В состав работ входит разнообразный комплекс инженерно-геологических исследований.

В районе выбранного створа плотины и чаши водохранилища проводят детальную инженерно-геологическую съемку в масштабе 1:2000, 1:1000, а на отдельных участках и 1:500. Эта съёмка сопровождается значительно большим объёмом работ, чем на *предпроектном этапе* изысканий.

Согласно СП 11-105—97, ч. I, на участках плотин высотой до 25 м разведочные выработки размещают по осям плотины через 50-150 м в зависимости от сложности инженерно-геологических условий. Согласно этим же строительным правилам, глубину разведочных выработок (обычно это буровые скважины) следует принимать с учётом величины взаимодействия плотины с геологической средой (сжимаемой толщей и зоной фильтрации), но, как правило, не менее полуторной высоты плотин.

В лабораторных условиях детально определяются *состав и свойства грунтов*. В последнее время большое внимание уделяется изучению грунтов в массиве, т. е. в их природном залегании.

Важнейшее значение имеют работы по гидрогеологии. В районе плотины детально изучаются условия фильтрации. Особое внимание уделяется полевым работам (опытные откачки, нагнетание, наливывы) и наблюдениям за режимом подземных вод. При оценке потерь воды из водохранилища кроме фильтрации следует учитывать возможность её ухода

через расположенные вблизи депрессии рельефа, подземные выработки, карстовые пустоты, трещины скальных массивов. Определяются возможность выщелачивания и механической суффозии грунтов; выходов напорных вод; вероятность развития оползней на склонах и в местах примыкания плотины к берегам; характер подтопления окружающей водохранилище территории, особенно населённых пунктов и промышленных объектов.

При инженерно-геологических изысканиях на основе детальной изученности геоморфологических, геологических и грунтовых условий производится уточнение сейсмичности района, оценивается возможность заиливания водохранилища за счёт твердого стока и решаются другие специальные вопросы.

На стадии разработки *рабочей документации* инженерно-геологические и гидрогеологические данные подвергаются детализации и уточнению.

Наибольшую сложность представляет собой строительство плотин и водохранилищ в районах *многолетней мерзлоты и развития карста*. Инженерно-геологические изыскания в этих случаях имеют ряд специфических особенностей. В районах многолетней мерзлоты производится мерзлотная съёмка, замеры температур грунтов, специальные определения свойств и водопроницаемости грунтов. В процессе изучения карстовых районов устанавливается распространение и происхождение карстовых форм, закономерности их развития, условия растворения грунтов фильтрационным потоком и скорость этого процесса.

В период строительства и эксплуатации плотин и водохранилищ ведут наблюдения за возведением земляных плотин, деформациями грунтового тела плотины (осадки, сдвиги), переформированием берегов водохранилища, режимом подземных вод и др.

5.6.2. Трубопроводы

Трубопроводы предназначены для транспортировки различных жидкостей и газов. При инженерно-геологических изысканиях исходят из того, что трубопроводы оказывают незначительное давление на грунты оснований (не более 0,02 МПа), но отличаются высокой чувствительностью к осевым перемещениям, что может приводить к повреждению стыковых соединений.

Состав и объём инженерно-геологических изысканий для обоснования строительства трубопроводов и связанных с ними зданий и сооружений (водонапорные башни, резервуары, насосные станции и пр.) определяются требованиями СНиП 11-05-97, ч.1.

Для проектирования трубопроводов необходимо знать состав и свойства грунтов оснований, литологию грунтов, которые пойдут на засыпку траншей (или создание насыпей). А так же рельеф местности, особенности строения речных долин и их эрозионную деятельность, глубину промерзания грунтов, сейсмичность, блуждающие электрические токи, наличие и агрессивность грунтовых вод, характер берегов морей, озер, водохранилищ. Опасные геологические процессы и явления, которые могут затруднить работу по укладке трубопроводов или отрицательно сказаться на их устойчивости.

Инженерно-геологические изыскания трасс выполняются в различных объёмах в зависимости от типа трубопроводов (магистральные, ответвления или разводящая сеть), сложности инженерно-геологических условий, степени геологической изученности и стадии проектирования.

На *предпроектном* этапе (обоснование инвестиций в строительство объекта) для крупных и ответственных магистральных трубопроводов выполняют изыскания с целью обоснования выбора оптимального варианта трассы. Работу начинают со сбора архивных геологических материалов. Намечают ряд вариантов трасс трубопроводов. Каждая проектируемая трасса изучается в полевых условиях в полосе шириной 500 м в процессе

проведения рекогносцировочного обследования и инженерно-геологической съемки. В процессе полевых работ особое внимание обращается на участки развития опасных геологических процессов (оползни, карст и др.), коррозионную активность грунтов и агрессивность подземных вод, выявление блуждающих токов. На этом этапе работ большое значение имеют маршрутные и аэровизуальные наблюдения, а также дешифрирование аэро- и космоснимков.

В инженерно-геологическом отчёте даётся сравнительная характеристика всех вариантов трасс трубопровода с представлением схематических инженерно-геологических карт. Более детально оценивается наиболее благоприятный вариант трассы.

На стадии проекта изыскания проводят на выбранном варианте трассы. К материалам предпроектного этапа добавляются новые разведочные выработки по трассе, дополнительные лабораторные исследования грунтов, в том числе анализы коррозионной активности грунтов и агрессивности грунтовых вод.

Разведочные выработки выполняются в основном в виде буровых скважин. На каждый километр задают в среднем 3-5 скважины. Глубина скважин назначается с учётом возможной глубины трубопровода и глубины сезонного промерзания грунтов. Чаще всего это 3-5 м, а на болотах и переходах через водотоки 10-15 м. По мере необходимости из скважин отбирают образцы грунтов и пробы грунтовых вод. Поскольку металлические трубопроводы, укладываемые в землю, подвергаются коррозии, степень коррозионности грунтов определяют полевыми и лабораторными методами.

Для выявления границ залегания скальных, илистых или торфянистых грунтов закладывают дополнительные разведочные выработки. То же самое делают на участках переходов через реки, растущие овраги, большие ущелья, а также дороги, линии электропередач и другие естественные и искусственные препятствия.

При пересечении трассой трубопровода районов со сложными инженерно-геологическими условиями (участки индивидуального проектирования) к обычным исследованиям добавляют специальные исследования. К сложным инженерно-геологическим условиям относят районы развития карста, склоновых процессов, многолетней мерзлоты, селей, сейсмические районы (сейсмичность 6 баллов и более), подтопляемые и подрабатываемые территории, районы распространения специфических грунтов.

Инженерно-геологические изыскания для обоснования проекта трубопроводов оформляют в виде технического отчёта, который даёт основание для разработки *рабочей документации* (детализация и уточнение инженерно-геологических условий конкретных участков и прогноз их изменений в период строительства и эксплуатации).

5.6.3. Сооружения систем водоотведения и очистки сточных вод

Очистные сооружения сточных вод (аэротенки, метантенки, резервуары и др.) и земляные сооружения промышленных стоков (поля фильтрации, пруды-накопители, хвостохранилища и др.) располагаются, как правило, на землях, непригодных для сельскохозяйственного освоения. Обычно это территории со сложными инженерно-геологическими условиями (органоминеральные, засоленные, техногенные грунты и др.), что требует более углублённого, чем в простых инженерно-геологических условиях, проведения изысканий.

Очистные сооружения сточных вод могут иметь значительные размеры (например, аэротенки из сборного железобетона имеют длину до 100 м и более, ширину - до 12 м и рабочую глубину до 5 м) и отличаются высокой чувствительностью грунтового основания к неравномерным осадкам.

Земляные сооружения промышленных стоков - это ёмкости (земляные) полностью или частично заглубленные и обвалованные. Все они в той или

иной степени являются источниками загрязнения подземных вод и водоёмов, поэтому важнейшими задачами инженерно-геологических и гидрогеологических исследований являются прогноз изменения качества подземных вод и соответствующее обоснование защитных мероприятий от загрязнений.

В процессе проведения инженерно-геологических изысканий для строительства указанных выше сооружений основное внимание уделяют изучению геоморфологических особенностей участка размещения проектируемого объекта, его геологического строения, гидрогеологических условий, состава состояния и свойств грунтов, в первую очередь, фильтрационных. Оценивается также возможность развития опасных геологических процессов, а при их наличии дается детальная их характеристика.

Для решения всех этих вопросов проводят рекогносцировочное обследование и инженерно-геологическую съемку, бурят скважины, которые располагают на площадках по сетке со сторонами в 50-100 м, а также по линиям предполагаемого растекания и движения промышленных и бытовых стоков.

Согласно СП 11-105—97, ч. I, на полях фильтрации количество разведочных выработок необходимо принимать из расчета 2-3 выработки на 1 га исследуемой площади. Глубину выработок следует устанавливать, как правило, до 5 м, а при близком залегании подземных вод - на 1-2 м ниже их уровня. На типичных участках следует проходить 1-2 выработки до глубины 8-10 м. Для оценки возможного загрязнения водоносного горизонта часть выработок следует проходить на 1-2 м ниже водоупора.

В процессе инженерно-геологических изысканий изучают также режим грунтовых вод, оценивают влияние состава сточных вод на физические свойства и химический состав подземных вод. Проводят опытно-фильтрационные работы. Фильтрационные свойства грунтов определяют в лаборатории и в полевых условиях путем налива воды в шурфы.

Стационарные наблюдения за режимом подземных вод проводят с начала изысканий для проекта и до окончания изысканий для рабочей документации.

Земляные сооружения промышленных стоков могут создаваться для накопления загрязненных вод, которые сбрасывают промышленные предприятия, в том числе химические заводы. Для предотвращения инфильтрации загрязненных вод в глубину грунтовой толщи дно бассейна покрывают противофильтрационной одеждой. В этом случае в задачу инженерно-геологических изысканий входят поиск и разведка местных строительных материалов (глин), которые могли бы быть использованы для изготовления водоупорного экрана на дне проектируемого бассейна.

В определенных природных условиях, не исключая возможных загрязнения подземных вод и водоёмов, применение только этих мер будет недостаточным и весьма рискованным. Поэтому в этих случаях рекомендуется по всему периметру земляного хранилища промышленных стоков сооружать противофильтрационную завесу с поверхности и до глубины 10-15 м (с заглублением на 2 м в водоупорные глины).

5.7. Гидрогеологические изыскания для водоснабжения

5.7.1. Гидрогеологические изыскания для небольших водозаборов

Гидрогеологические изыскания для обоснования проектов водозаборов с незначительной (до 100 м³/сут) потребностью в хозяйственно-питьевой воде, согласно СНиП 11-02—96, выполняются в составе инженерно-геологических изысканий для строительства. Материалы изысканий должны дать достаточный материал для проектирования и строительства (реконструкции) небольших водозаборов подземных вод (средние и малые поселения, небольшие промышленные предприятия, животноводческие фермы и т. п.).

Нормативными документами предусматривается, что изыскания источников водоснабжения должны проводиться на участках с достаточными (по региональной оценке или государственному водному кадастру и кадастру подземных вод) прогнозными ресурсами подземных вод. Для данного вида работ утверждения эксплуатационных запасов не требуется.

Строительные нормы (СНиП 11-02—96) и специализированный Свод правил (СП 11-108—98) по изысканиям источников водоснабжения определяют следующие задачи гидрогеологических изысканий при разработке:

- предпроектной документации - предварительное определение перспективных участков;
- проекта водозабора - выбор оптимального участка для размещения водозабора подземных вод;
- рабочей документации - получение необходимых материалов для обоснования типа и режима эксплуатации проектируемого водозабора.

Допускается объединять и совмещать отдельные этапы. При достаточной гидрогеологической изученности и в ряде других случаев возможно двух- или одностадийное проектирование. При проектировании одиночных водозаборов объем изысканий принимают минимальным. Техническое задание на гидрогеологические изыскания составляется заказчиком либо отдельно, либо входит в состав технического задания на проектирование комплекса инженерных изысканий.

Программой на изыскания источников водоснабжения в сложных гидрогеологических условиях предусматривается полный комплекс различных видов исследований, включая сбор, обработку и анализ материалов о гидрогеологических условиях района, рекогносцировочное гидрогеологическое обследование территории, в том числе обследование действующих водозаборов, гидрогеологическую съемку, бурение разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин, геофизические исследования, опытно-фильтрационные работы (опытные и другие виды

откачек воды), лабораторные исследования состава и санитарного состояния подземных вод и водовмещающих пород, стационарные наблюдения и составление технического отчета (заключения).

Помимо разведочных скважин, предназначенных для изучения геолого-гидрогеологических условий участков предполагаемого размещения водозаборов, бурятся разведочно-эксплуатационные скважины для получения расчётных гидрогеологических параметров.

Производительность (дебит) водозаборного сооружения считается обеспеченным на заданный срок эксплуатации, если расчётное понижение уровня оказывается меньше максимально допустимого понижения уровня или равно ему. При получении положительных результатов опробывания водоносного горизонта на площадке проектируемого водозабора в технический отчёт включают паспорт и акт сдачи-приемки разведочно-эксплуатационной скважины на воду.

В акте-приемке скважины приводятся сведения о её местонахождении, общей глубине, конструкции, проведённой опытной откачке, статическом и динамическом уровне воды, дебите, $\text{м}^3/\text{сут}$, понижении уровня, удельном дебите, $\text{м}^3/\text{ч}$, отобранных пробах воды и датах исследования химического и бактериологического состава.

Разведочно-эксплуатационная скважина на воду должна быть закрыта металлической крышкой, ввинченной (приваренной) в муфту обсадной трубы. Крышка должна иметь отверстие под болт-пробку для замера уровня воды.

По результатам выполненных работ в техническом отчёте по изысканиям подземных источников водоснабжения должны быть представлены:

- 1) необходимые материалы для обоснования и проектирования водозаборов подземных вод;
- 2) установлены границы поясов зоны санитарной охраны (первого пояса - строгого режима, второго и третьего - поясов ограничений);

3) мероприятия по охране окружающей среды, включая защиту подземных вод от истощения и загрязнения.

5.7.2. Гидрогеологические изыскания для обоснования проектов крупных водозаборов

Согласно СНиП 11-02—96, при значительной потребности (более 1000 м³/сут) и в сложных гидрогеологических условиях должны выполняться геологоразведочные работы с подсчётом и утверждением эксплуатационных запасов подземных вод в соответствии с требованиями нормативных документов Министерства природных ресурсов РФ.

Состав и объём работ зависят от сложности гидрогеологических условий различных типов месторождений подземных вод, степени изученности геолого-гидрогеологических условий района, планируемой величины водопотребления и стадии проектирования.

Месторождения подземных вод подразделяют на семь типов:

- 1) в речных долинах;
- 2) в артезианских бассейнах;
- 3) в конусах выноса предгорных шлейфов;
- 4) в массивах трещинно-карстовых вод;
- 5) в песчаных массивах пустынь и полупустынь;
- 6) в водно-ледниковых отложениях;
- 7) в таликовых зонах многолетнемёрзлых пород.

Самое большое распространение и практическое значение имеют месторождения подземных вод речных долин и артезианских бассейнов.

Гидрогеологические изыскания для обоснования проектов крупных водозаборов проводятся в определенной последовательности по следующим стадиям (этапам): поисковые работы, предварительная разведка, детальная разведка и эксплуатационная разведка. Поиски и разведка подземных вод для водоснабжения ведутся, в основном, специализированными

гидрогеологическими организациями Министерства природных ресурсов РФ и реже отделами изысканий проектных институтов.

Поисковые работы. Основная цель поисковых работ - выявить в районе исследований участки (или площади), перспективные по гидрогеологическим условиям для размещения водозаборов.

Перед началом поисковых работ по опубликованным фондовым материалам изучают геолого-гидрогеологические условия района, материалы аэрофотосъёмки, геологические разрезы буровых скважин, пройденных в районе работ, анализируют опыт эксплуатации действующих водозаборов. Если собранные материалы окажутся недостаточными для суждения о перспективности тех или иных участков, непосредственно в поле проводят поисковые работы. Поиски сопровождаются гидрогеологической съёмкой масштаба 1:50 000 - 1:200 000, геофизическими исследованиями, бурением поисковых скважин и небольшим объёмом опытных работ, главным образом пробными откачками. Поисками должна быть охвачена площадь с расстояниями 10 - 20, реже до 100 км и более от объекта водопотребления. В ходе поисковых работ должны быть собраны данные о действующих водозаборах.

На основании поисковых работ составляют гидрогеологическую карту с указанием перспективных участков подземных вод, т. е. районируют территорию для водоснабжения. Карта сопровождается пояснительной запиской (или отчётом) с краткой характеристикой перспективных водоносных горизонтов и обоснованием дальнейших работ на выбранных участках.

Предварительная разведка производится для приближенной оценки эксплуатационных запасов и качества подземных вод в пределах участков, выявленных по результатам поисковых работ. На данном этапе работ выполняют основной объём гидрогеологических изысканий для обоснования проектов водоснабжения.

В состав предварительной разведки входит полный комплекс гидрогеологических исследований: гидрогеологическая съемка масштаба 1:10000 - 1:25000, геофизические исследования, буровые, опытно-фильтрационные, лабораторные и камеральные работы, а также стационарные наблюдения за режимом подземных и поверхностных вод.

В первую очередь исследуют перспективные участки, расположенные ближе к объекту водопотребления.

Гидрогеологическая съемка на выбранных участках ведется в крупном масштабе: 1:25 000 - 1:50 000. Цель съёмок - детальное выяснение геологического строения, геоморфологических условий и гидрогеологических особенностей участков. В процессе съёмки изучают возможные источники загрязнения подземных вод (бассейны бытовых и промышленных стоков, участки складирования отходов, скотоводческие фермы и др.), а также делают прогноз о направлении и скорости движения промышленных и сельскохозяйственных стоков после ввода в действие проектируемого водозабора.

Съёмка сопровождается геофизическими исследованиями (электроразведка, каротаж и др.) для уточнения мест заложения буровых скважин, глубины залегания, направления и скорости подземных вод.

В районах с простыми геолого-гидрогеологическими условиями съёмка не проводится и заменяется рекогносцировочным обследованием участков, сопровождаемым геофизическими и другими видами работ.

Ведущим видом гидрогеологических исследований при предварительной разведке является бурение скважин. С его помощью изучают геолого-литологический разрез перспективных участков, определяют гидравлический характер и глубину залегания водоносных горизонтов, устанавливают глубину залегания водоупорных слоёв и их мощность.

Количество скважин на разведываемых участках зависит от сложности геолого-гидрогеологических условий. Скважины бурят на всю мощность

водоносного горизонта. При глубине залегания водоупора более 100 м ограничиваются бурением до его кровли 1 - 2 скважин.

Опытные откачки воды проводят из разведочных скважин, вскрывших подземные воды, для определения их дебита, зависимости дебита от понижения, фильтрационных параметров и др.

Качество подземных вод, включая оценку показателей бактериального и химического загрязнения, оценивают по данным лабораторных анализов. Исследования ведут для обоснования зон санитарной охраны, разрабатывают рекомендации по защите подземных вод от возможного загрязнения промышленными стоками.

С помощью стационарных наблюдений изучают режим подземных вод.

Предварительная разведка завершается камеральной обработкой материалов и составлением отчёта, в котором обосновывают выбор участков под детальную разведку с перспективной оценкой эксплуатационных запасов подземных вод.

Детальная разведка производится для оценки эксплуатационных запасов подземных вод по высоким категориям (*A, B*), в пределах участков, отобранных по данным предварительной разведки. В результате детальных изысканий получают полные данные о количестве и качестве подземных вод.

В состав детальных работ входит полный комплекс гидрогеологических исследований, которые выполняют применительно к схеме проектируемого водозабора. Основной вид исследований - опытно-фильтрационные работы, и прежде всего опытные откачки, которые проводятся из всех разведочно-эксплуатационных скважин для уточнения их дебита и фильтрационных параметров пород. В сложных гидрогеологических условиях выполняют опытно-эксплуатационные откачки продолжительностью 2 - 3 и более месяцев.

На стадии детальной разведки проводят более продолжительные по времени стационарные наблюдения за режимом подземных вод (не менее 1 года), которые являются основой для составления баланса подземных вод на

участке проектируемого водозабора. Более углубленно изучают качество подземных вод, детально обосновывают зоны санитарной охраны источника водоснабжения. Завершают детальную разведку подсчётом эксплуатационных запасов.

После их утверждения в Государственной или территориальной комиссии по запасам полезных ископаемых детальная разведка считается завершённой. По результатам детальной разведки составляют отчёт о гидрогеологических исследованиях для целей водоснабжения.

По форме он принципиально не отличается от инженерно-геологического отчёта. Однако его содержание, особенно специальной части, иное. Гидрогеологический отчет является частью общего проекта водозабора подземных вод и предназначен для его гидрогеологического обоснования.

Наиболее детально отчет составляют при утверждении эксплуатационных запасов по высоким категориям - *A* и *B*. Основное внимание уделяют описанию гидрогеологических условий как по всей площади распространения водоносного горизонта, так и для участка водозабора (более подробно), анализируют результаты бурения скважин, опытно-фильтрационных исследований, стационарных наблюдений за режимом подземных вод. Оценивают качество подземных вод. Приводят основные гидрогеологические расчетные данные, обосновывают выбор участка для размещения водозабора и высказывают соображения по установлению зон санитарной охраны.

В конце отчёта даются выводы по оценке эксплуатационных запасов и по расчётным гидрогеологическим данным, необходимым для проектирования, строительства и эксплуатации водозаборов.

К тексту отчета прилагают гидрогеологические карты, профили, графики и таблицы лабораторных определений воды и другие текстовые материалы.

Эксплуатационная разведка. Гидрогеологические исследования нередко проводятся не только на стадиях проектирования, но и в процессе

строительства водозабора и его последующей эксплуатации. Эти работы входят в комплекс эксплуатационной разведки.

В период строительства водозаборов осуществляют гидрогеологический контроль за правильным проведением строительных работ, влияющих на гидрогеологические условия; соблюдение технических условий бурения эксплуатационных скважин на воду и др.

В процессе бурения скважин следят за соответствием гидрогеологических данных, принятых в проекте, фактическим данным.

Результаты бурения тщательно анализируют и при необходимости вносят коррективы в способы и технологию проходки скважин, их размещение и последовательность разбуривания. Совместно со специалистами-строителями осуществляется плано-высотная привязка всех эксплуатационных и наблюдательных скважин в пределах водозаборного участка.

Водозаборы перед сдачей их в эксплуатацию в обязательном порядке опробуют с помощью опытно-эксплуатационных откачек воды. Сначала производят предпусковое опробывание из каждой скважины в отдельности, а затем групповую строительную откачку из всех скважин водозабора одновременно. Результаты откачек тщательно документируют.

После окончания строительства водосборных сооружений составляют подробные геолого-технические разрезы скважин, технические паспорта и сводные листы опытно-эксплуатационных откачек воды.

При эксплуатации водозаборов ведут стационарные наблюдения за изменениями дебита, динамических уровней и качества подземных вод с помощью специальной сети наблюдательных скважин. Кроме того, проводят опытные работы с временным прекращением эксплуатации и наблюдением за восстановлением уровня. Изучение режима подземных вод в процессе эксплуатации водозаборов позволяет совершенствовать режим их работы, предотвращать истощение запасов подземных вод и их загрязнение.

Одновременно с гидрогеологическими исследованиями на стадиях

детальной и эксплуатационной разведок проводят инженерно-геологические исследования для обоснования и уточнения строительной части проекта водозабора. При проектировании крупных водозаборов следует предусматривать наблюдение за деформацией поверхности земли, которая может проявиться при длительной эксплуатации водозаборов.

5.7.3. Гидрогеологические изыскания в процессе строительства и эксплуатации водозаборов и при их расширении

Гидрогеологические изыскания производят не только на стадиях проектирования, но и в период строительства водозаборов, их эксплуатации и расширении (реконструкции).

В период строительства водозаборов осуществляют гидрогеологический контроль за правильным проведением строительных работ, влияющих на гидрогеологические условия; соблюдением технических условий бурения эксплуатационных скважин на воду и др.

В процессе бурения скважин следят за соответствием гидрогеологических данных, принятых в проекте, фактическим данным.

Результаты бурения тщательно анализируют и при необходимости вносят коррективы в способы и технологию проходки скважин, их размещение и последовательность разбуривания. Совместно со специалистами-строителями осуществляется планово-высотная привязка всех эксплуатационных и наблюдательных скважин в пределах водозаборного участка.

Водозаборы перед сдачей их в эксплуатацию в обязательном порядке опробуют с помощью откачек воды. Сначала производят предпусковое опробывание из каждой скважины в отдельности, а затем групповую строительную откачку из всех скважин водозабора одновременно. Результаты откачек тщательно документируют.

После окончания строительства водозаборных сооружений составляют подробные геолого-технические разрезы скважин, технические паспорта и сводные листы откачек воды.

При эксплуатации водозаборов ведут стационарные наблюдения за изменениями дебита динамических уровней и качества подземных вод с помощью специальной сети наблюдательных скважин. Кроме того, проводят опытные работы с временным прекращением эксплуатации и наблюдением за восстановлением уровня. Изучение режима подземных вод в процессе эксплуатации водозаборов позволяет совершенствовать режим их работы, предотвращать истощение запасов подземных вод и их загрязнение.

При строительстве и эксплуатации одиночных водозаборов, а также водозаборов для небольших потребителей и в простых гидрогеологических условиях объем изысканий принимают минимальный.

Расширение (реконструкция) действующих водозаборов производится для увеличения их дебита (при дополнительной потребности в воде) или для восстановления прежнего дебита, снизившегося из-за истощения запасов подземных вод.

Гидрогеологические изыскания при расширении водозаборов имеют свою специфику, что отличает их от изысканий под новые водозаборы. Эти особенности заключаются в необходимости изучения подземных вод, длительное время подвергавшихся эксплуатации.

Длительная эксплуатация подземных вод, особенно на площадях действия групповых водозаборов, приводит во многих случаях к резкому изменению и усложнению природных геолого-гидрогеологических условий.

Гидрогеологические изыскания при расширении водозаборов проводят в небольшом объеме, если на действующем водозаборе в период эксплуатации производились планомерные гидрогеологические наблюдения и исследования. В этом случае опыт многолетней работы водозаборов служит основой для оценки эксплуатационных запасов подземных вод на прилегающих к водозаборам участках.

В настоящее время для увеличения производительности действующих водозаборов широко внедряется метод искусственного пополнения запасов подземных вод.

Для определения возможности расширения водозабора за счёт искусственного пополнения запасов производят специальные гидрогеологические изыскания. Их ведут на двух стадиях проектирования: технико-экономическое обоснование (ТЭО) и техно-рабочий проект или на трех стадиях: ТЭО, технический проект и рабочие чертежи.

В комплексе с гидрогеологическими изысканиями осуществляют инженерно-геологические (для обоснования строительства отстойников, инфильтрационных бассейнов и др.) и гидрологические изыскания.

Состав и объём гидрогеологических изысканий принимают в зависимости от степени сложности и изученности природных условий района, размещения систем искусственного пополнения запасов подземных вод, величины водопотребления и стадии проектирования.

Гидрогеологическими изысканиями обосновывают выбор метода искусственного пополнения как наиболее рационального средства для увеличения производительности действующего водозабора в данных природных условиях. В процессе изысканий получают сведения, необходимые для выбора способа пополнения запасов подземных вод, разработки типа и конструкции водозаборных сооружений, прогноза их дебита и режима эксплуатации. Особое внимание уделяют изучению поверхностных вод, как источника пополнения запасов подземных вод, исследованию водопроницаемости пород зоны аэрации, а также оценке влияния проектируемых сооружений на окружающую природную среду.

5.7.4. Изыскания подземных вод для водоснабжения в различных гидрогеологических условиях

Изыскания подземных вод в различных гидрогеологических условиях имеют свою специфику и особенности. В зависимости от типа водоносного горизонта, на который ведётся гидрогеологическая разведка, состав и объём изысканий могут быть различными, меняется и методика работ.

Рассмотрим эти особенности на примере изысканий основных типов подземных вод, используемых для водоснабжения: источников, грунтовых вод речных долин, подземных вод конусов выноса, карстовых, мерзлотных и артезианских вод.

Изыскания источников (родников) подземных вод ведут с помощью гидрогеологической съемки масштаба 1:50 000, важнейшей составной частью которой является изучение дебита источников, их химического состава, температуры и др. На участках выхода крупных источников закладывают буровые скважины для изучения геологического строения и водоносности пород. С помощью геофизических исследований выявляют участки скрытого выхода подземных вод и изучают общее геологическое строение района. Проводят длительные наблюдения за режимом источников и оценивают их пригодность для водоснабжения. Каптаж крупных источников осуществляют на основе утвержденных запасов подземных вод.

Изыскания грунтовых вод речных долин проводят с использованием полного комплекса гидрогеологических исследований. Объясняется это не только водообильностью аллювиальных отложений и в связи с этим значительной их ролью в водоснабжении, но и исключительной неоднородностью состава и фильтрационных свойств водоносных пород как в вертикальном разрезе, так и по площади распространения. При разведке грунтовых вод в долинах рек важно установить наличие или отсутствие гидравлической связи грунтового потока с рекой, оценить возможность подсоса загрязнённых поверхностных вод проектируемым водозабором, дать

прогноз возможного заиления водоносных отложений в русле реки при эксплуатации водозабора и др.

Гидрогеологические изыскания ведут в три этапа: *поисковые работы, предварительная разведка и детальная разведка*, а в хорошо изученных районах в два этапа (без поисковых работ).

На стадии предварительной разведки участки разбуривают по поперечникам, нормальным к реке, включая не только зону террас, но и коренные породы в берегах реки. Фильтрационные свойства пород, связь грунтовых вод и поверхностных, удельные дебиты скважин изучают с помощью опытных откачек воды, как из одиночных скважин, так и из кустовых. Кустовые откачки обычно располагают с двумя лучами: перпендикулярно и параллельно берегу реки, с 4 - 5 наблюдательными скважинами на каждом из них. В сложных природных условиях проводят пробно-эксплуатационные откачки продолжительностью в несколько месяцев. Широко используют геофизические методы как с поверхности (наземные), так и скважинные (электро- и гамма-каротаж, резистивиметрия и др.).

На стадии детальной разведки работы продолжают применительно к предполагаемым схемам размещения водозаборов. В долинах рек с постоянно действующим водотоком водозаборные сооружения (а следовательно, и разведочный участок для детальных работ) располагают параллельно берегу реки, вблизи русла и выше по течению от городов и мест сброса сточных вод. Расстояния между скважинами при разведке выбирают от нескольких десятков метров (в очень сложных геологических условиях) до нескольких сотен метров. Значительно реже водозаборные сооружения размещают равномерно по всей площади аллювиального водоносного горизонта (в долинах рек с периодическим водотоком). Важное значение при детальном исследовании имеют опытные откачки воды (одиночные и кустовые), а также групповые откачки из 2 - 4 скважин одновременно для

изучения их взаимодействия. Во всех случаях проводят стационарные режимные наблюдения за грунтовыми и поверхностными водами.

При изучении *подземных вод конусов выноса* в предгорных районах проводят детальную гидрогеологическую съемку всей их площади. Буровые скважины располагают по наиболее характерным линиям: от предгорий в сторону равнины, т. е. по направлению потока подземных вод и нормально к направлению потока. Водозабор линейного типа протяженностью до 20 - 30 км размещают обычно в средней части конуса выноса по линии нормальной к направлению потока. Глубина разведочных скважин достигает 600 м и более (обычно 200 - 300 м), что связано с большой мощностью водоносных гравийно-галечниковых накоплений. После проходки скважин выполняют опытные одиночные и кустовые, групповые и пробно-эксплуатационные откачки. Режим подземных вод в предгорных районах отличается непостоянством, поэтому проводят длительные стационарные наблюдения за его изменением. При хорошей изученности гидрогеологических условий изыскания подземных вод проводят в две стадии - *предварительную и детальную*. Нередко они объединяются и проектирование водозаборов ведут в одну стадию.

Гидрогеологические изыскания *карстовых вод* проводят обычно в сложной геологической и гидрогеологической обстановке, в условиях исключительной фильтрационной неоднородности закарстованных пород. Поэтому изыскания, как правило, ведут в три стадии: *поисковая разведка, предварительная разведка и детальная*.

В ходе поисковых работ выявляют зоны повышенной трещиноватости, закарстованности, а следовательно, и повышенной водообильности. Гидрогеологическая съёмка при поисках сопровождается геофизическими исследованиями (наземными и скважинными), роль которых значительна. Тщательно изучают, как и при разведках других типов подземных вод, опыт эксплуатации водозаборов, действующих в аналогичных условиях.

На стадиях предварительной и детальной разведки продолжают бурение скважин, проводят опытно-фильтрационные работы, ведут стационарные наблюдения за режимом карстовых и связанных с ними поверхностных вод. Участок для детальной разведки и размещения будущего водозабора выбирают в котловинах, западинах и других понижениях карстового рельефа. Именно к этим отрицательным формам рельефа приурочены наиболее водообильные карстовые воды.

Специфичны поиски и разведка подземных вод в районах **многолетней мерзлоты**. На различных стадиях изысканий изучают взаимосвязь надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных вод, исследуют мерзлотные явления (наледы, талики и другие проявления водоносности), температурный режим горных пород, влияние искусственных факторов (устройство водохранилищ, застройка территории и др.) на режим подземных вод и т.д.

Гидрогеологическую съёмку проводят в два этапа: в период наибольшего оттаивания деятельного слоя и в период наибольшего промерзания грунтов. Наблюдения за объёмом таликов, наледей и других мерзлотным форм позволяют оценить водообильность питающих их подземных вод.

Скважины в мёрзлых рыхлых породах бурят по особой технологии. Производят опытно-фильтрационные работы и лабораторные исследования мерзлых и оттаивших горных пород.

Гидрогеологические изыскания **артезианских вод**, в зависимости от степени изученности артезианских бассейнов, выполняют или в две стадии (*предварительную и детальную*), или в одну стадию (*детальная разведка*).

В хорошо изученных артезианских бассейнах платформенного типа гидрогеологическую съёмку не производят. Участки для детальной разведки выбирают на основании имеющихся геологических и гидрогеологических материалов и данных геофизической разведки. На выбранных участках бурят скважины глубиной до 800 м и более (обычно 200 - 300 м). Каждую скважину

опробуется опытными откачками воды. Проводят также кустовые, групповые и пробные эксплуатационные откачки. Обязателен комплекс геофизических исследований в скважинах.

Изучают фильтрационные свойства и водообильность всех напорных водоносных горизонтов, однако детальному опробыванию подвергают только наиболее перспективный, с повышенной водопроницаемостью.

В артезианских бассейнах водозаборы линейного, реже площадного типа, размещают на участках с наибольшей водообильностью, как правило, в краевых зонах синклиналильных структур.

В заключение необходимо отметить, что в зависимости от типа подземных вод себестоимость гидрогеологической разведки $1 \text{ м}^3/\text{сут}$ эксплуатационных запасов подземных вод существенно меняется. По данным различных авторов наибольшая себестоимость разведки характерна для карстовых вод, а наименьшая для артезианских вод платформенного типа, подземных вод конусов выноса и напорных вод ледниковых отложений.

Окончательный выбор участка размещения водозабора, его типа и схемы в любых природных условиях производится на основе технико-экономических расчётов с учётом гидрогеологических условий, санитарного состояния, близости к водопотребителю и других показателей.

5.8. Изыскания природных строительных материалов

В комплекс инженерно-геологических исследований под строительство входят поиски и разведка естественных строительных материалов, которые во многих случаях необходимы для строительства объекта. Наличие строительных материалов в районе строительства часто играет решающую роль в выборе типа и конструкции сооружений. Скопление в земной коре определенных горных пород (или минералов), разработка которых представляет практический интерес, в частности для строительства, называется *месторождением*.

В состав месторождений входят горные породы, которые являются естественным строительным материалом либо сырьём для их производства. Все эти породы составляют так называемые нерудные полезные ископаемые.

К естественным строительным материалам относят различные горные породы (граниты, известняки, галечники и др.), которые можно использовать в строительной практике в естественном виде. Так получают строительный камень, песок, глину, щебень и т. д.

Во многих случаях горные породы являются лишь сырьем для изготовления искусственных строительных материалов. Так, мергели служат для получения цемента, глины и суглинки - для кирпича и т. д.

Нерудные полезные ископаемые в большинстве случаев добывают из открытых горных выработок. Совокупность таких выработок, предназначенных для этих целей, называют *карьером*.

В задачу инженерно-геологических исследований входят поиски и разведка месторождений нерудных полезных ископаемых. Поиски дают возможность найти месторождение (или карьер) необходимых материалов вблизи территории строительства. Выявленное месторождение подвергают разведке. При этом устанавливается качество, количество и условия залегания материалов. Для строительства земляных сооружений: плотин, дамб, земляного полотна, а также устройства искусственных оснований, планировки территории строительства и т. д., требуется большое количество природных строительных материалов. Их добывают в *карьерах*, под которыми понимают совокупность открытых горных выработок, предназначенных для добычи полезного ископаемого. Природные скопления полезных ископаемых, пригодных по количеству, качеству и условиям залегания для разработки, называют месторождениями.

Все нерудные полезные ископаемые, используемые в строительстве, подразделяют на местные строительные материалы и грунтовые строительные материалы.

Местные строительные материалы могут быть естественного происхождения (камень, щебень, гравий, песок и др.) и техногенного (золошлаковые смеси, золы уноса тепловых электростанций и др.). Их используют для производства бетона, керамзита, кирпича, балласта и других строительных изделий. Изыскания местных строительных материалов, которые могут быть отнесены к балансовым запасам (промышленным месторождениям), выполняют геологоразведочные организации самостоятельно или при необходимости в составе инженерных изысканий. Методика их проведения определяется действующими государственными стандартами, а также нормативными документами на геологоразведочные работы.

В состав этих работ входят *поиски, предварительная и детальная разведка*.

Поиски месторождений местных строительных материалов проводят в процессе рекогносцировочного обследования и геологической съёмки территории, сопровождаемой небольшим количеством разведочных выработок (расчистки, шурфы, буровые скважины), изучаются естественные обнажения. Проведению поисковых работ предшествует сбор и обобщение фондовых материалов изысканий прошлых лет, в том числе на основе геолого-съёмочных и инженерно-геологических работ. Цель поисковых работ - выбор перспективных для разведки участков залегания местных строительных материалов.

Работа состоит из подготовительного и полевого периодов. В подготовительный период изучают литературу, геологические карты, фонды рукописей геологических организаций. На основе этого материала для данной территории составляется представление о месторождениях тех или иных нерудных полезных ископаемых.

В результате поисковых работ составляют карту-схему с указанием выявленных месторождений и карьеров полезных ископаемых, пояснительную записку с краткой характеристикой их размещения,

качественной и количественной оценкой материала, изложением соображений по дальнейшим работам.

При *предварительной разведке* необходимо выполнить следующие работы:

- установить геологические условия залегания полезного ископаемого (глубина залегания, мощность вскрыши, т. е. пород, покрывающих полезное ископаемое, мощность и форма залегания полезной толщи, характер подземных вод и т. д.);

- определить границы распространения полезного ископаемого, т. е. оконтурить месторождение и выявить участки, наиболее пригодные для эксплуатации;

- подсчитать запасы (количество) материала месторождения;

- изучить качество материала полезного ископаемого;

- уточнить условия эксплуатации месторождения и возможность транспортировки строительного материала.

Целесообразность разработки месторождения устанавливается на основе технико-экономического анализа и во многом определяется соотношением между мощностью вскрышных пород (H) и мощностью слоя полезного ископаемого (h). Отношение H/h носит название *геологического коэффициента*. Ценность месторождения повышается с уменьшением значения этого коэффициента. Экономически допустимо соотношение 2:1, для месторождений линзовидной формы допускают 1:1, но только в случае, если полезный слой залегает на глубине не более 3-5 м от поверхности. Иногда экономически выгодной может оказаться разработка карьеров с коэффициентом более 1 (слабая обеспеченность района строительными материалами, полная механизация вскрышных работ и т. д.).

Целесообразность разработки месторождения устанавливается на основе технико-экономического анализа и во многом определяется соотношением между мощностью вскрышных пород (H) и мощностью слоя полезного ископаемого (h) (рис. 26).

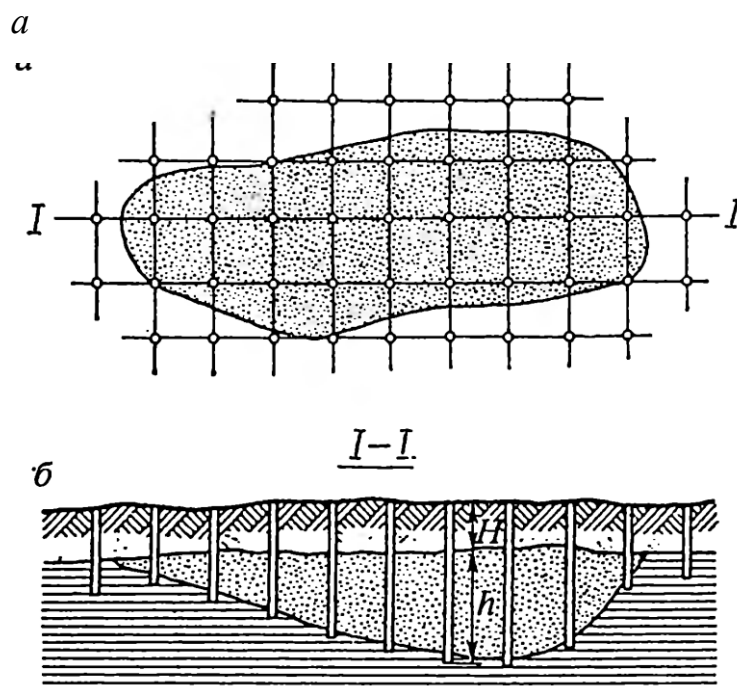


Рис. 26. Месторождение песка, разведанное с помощью буровых скважин: а - в плане; б - в разрезе; H — мощность вскрыши; h — мощность песка

Границы распространения месторождения устанавливают с помощью горных выработок (шурфы, буровые скважины), которые располагаются на пересечении линий правильной сетки (рис. 26,а). Расстояние между выработками чаще всего составляет 50-100 м и зависит от местных условий. При разведке скальных пород ограничиваются изучением имеющихся обнажений и заложением неглубоких шурфов (2-5 м) для определения мощности вскрыши и слоя элювия. При разведке осадочных пород горные выработки закладывают на глубину проходки всей толщи полезного ископаемого либо на глубину той части толщи, которая намечается к эксплуатации.

Разведочные горные выработки позволяют составить геологические разрезы, по которым можно судить о форме залегания полезного ископаемого, мощностях вскрыши и полезной толщи (рис. 26, б), решить вопрос о влиянии грунтовых вод на разработку месторождения.

Для изучения качества полезного ископаемого с помощью разведочных выработок отбирают характерные пробы. Для производства лабораторных

испытаний необходимо взять следующее количество проб: песок 2-3 кг; гравий 10-15 кг; скальная порода 15-20 кг.

Для *детальной разведки* выбирают один или несколько участков, которые наиболее полно отвечают требованиям технического задания. Основными задачами этой разведки являются: уточнение запасов, сбор дополнительных геологических и гидрогеологических данных и тщательное опробование полезного ископаемого.

В процессе проведения детальной разведки выявляются технические условия разработки месторождения, устанавливается способ разработки, определяется техника для ведения горных работ, намечается технологическая схема разработки полезного ископаемого, уточняются горно-геологические и гидрогеологические данные, выполняется обоснованный подсчёт запасов.

Классификация запасов и подсчет количества строительного материала. Под *запасом* понимается комплекс данных, характеризующих геологическое тело по объёму, форме, свойствам, условиям залегания и ведению горно-эксплуатационных работ. Запасы полезных ископаемых классифицируют по категориям *A*, *B* и *C*, последнюю категорию подразделяют на *C₁* и *C₂*. Категория *A* - детально разведанные запасы; *B* - запасы достаточно точно установлены и оконтурены буровыми скважинами, но отдельные показатели изучены недостаточно; *C₁* - предполагаемые запасы, определённые на основании одиночных разведочных скважин; *C₂* - запасы, определяемые по общим геологическим данным. Запасы местных строительных материалов подлежат апробированию и утверждению в государственных или территориальных комиссиях по запасам (ГКЗ и ТКЗ).

Подсчет запасов строительного материала в месторождении производится обычно среднеарифметическим методом или способом параллельных сечений. В первом случае вначале устанавливают среднюю мощность полезного ископаемого

где h_1, h_2 т. д. - мощность слоя полезного ископаемого в данном сечении, n - число сечений. Далее, зная площадь полезного ископаемого S , устанавливают его объем в м³: $V = Sh_{cp}$.

Способ параллельных сечений (вертикальных разрезов) применяют при удлиненной форме месторождения и параллельном расположении разведочных линий. Геологический разрез составляют по каждой разведочной линии, и с помощью планиметра определяют площадь полезного ископаемого. Объем запасов в блоке между двумя параллельными сечениями будет равен произведению полсуммы площадей этих сечений на расстояние между ними.

Помимо изысканий местных строительных материалов проводят **изыскания грунтовых строительных материалов**, т. е. материалов естественного и техногенного происхождения, используемых для возведения земляных (грунтовых) сооружений - плотин, дамб, дорог и др.

Состав, объемы и технология производства изысканий грунтовых строительных материалов для разработки предпроектной и проектной документации, а также в период строительства, эксплуатации и ликвидации объектов регламентируются строительными нормами (СНиП 11-02—96) и специализированным Сводом правил - СП 11-109—98 «Изыскания грунтовых строительных материалов».

В качестве **грунтовых строительных материалов** используют скальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты, не являющиеся местными строительными материалами, а также вскрышные породы и отвалы карьеров, грунты строительных выемок и техногенные образования (отходы промышленных предприятий).

Потребность в этих материалах при строительстве различных сооружений может быть весьма значительной. Цель изысканий грунтовых строительных материалов - получение необходимой и полной геологической информации для проектирования карьеров по их добыче. Эти карьеры являются временными предприятиями, их организуют лишь для

строительства определённого объекта, поэтому подсчитанные запасы грунтовых строительных материалов не подвергаются апробированию и утверждению в ГКЗ и ТКЗ.

Изыскания производят в радиусе до 3-5 км от проектируемого объекта (плотины, дамбы и др.), а при строительстве дорог - в прилегающей полосе шириной до 10 км от оси трассы.

Организация изысканий грунтовых строительных материалов проводится в таком же порядке, как и для других инженерных изысканий для строительства: техническое задание заказчика - составление и согласование программы изысканий - регистрация работ - производство изысканий - составление технического отчёта - передача материалов в государственные фонды.

Сводом правил (СП 11-109—98) установлены требования к составу и объёму изысканий на различных стадиях-этапах: 1) предпроектной документации; 2) проекта и 3) рабочей документации. В период строительства проектируемого объекта осуществляется геотехнический контроль за качеством возведения земляных сооружений и специальные наблюдения за консолидацией и уплотнением уложенных в земляное сооружение грунтовых строительных материалов. В период эксплуатации проводятся наблюдения за состоянием и изменением крупных и ответственных земляных (грунтовых) сооружений.

В состав изысканий на тех или иных стадиях (этапах) проектирования входит широкий спектр инженерно-геологических и гидрогеологических исследований: сбор и обобщение материалов прошлых лет, дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов, геофизические исследования, опытные полевые работы, стационарные наблюдения за развитием опасных геологических процессов и режимом подземных вод, лабораторные исследования, камеральные работы, а также специальные опытно-производственные исследования с участием строительных организаций.

Основными видами работ являются: бурение скважин, проходка шурфов, отбор проб грунтовых строительных материалов.

Проходка разведочных выработок позволяет, наряду с решением других задач, установить условия залегания полезной толщи и вскрыши, т. е. пород, перекрывающих полезную толщу (грунтовые строительные материалы) сверху. Расстояние между выработками принимается по табл. 3 (СП 11-109—98), а глубина на 1-2 м ниже подошвы полезной толщи.

Таблица 3

Изыскания грунтовых строительных материалов

| Группа сложности горно-геологических условий | Расстояние между разведочными выработками, м | | |
|--|--|---------|----------------------|
| | Предпроектная документация | Проект | Рабочая документация |
| I | 800—400 | 400—200 | 200—100 |
| II | 600—300 | 300—150 | 150—75 |
| III | 400—200 | 200—100 | 100—50 |

Сетки размещения разведочных выработок в плане могут иметь квадратную, прямоугольную или неправильную форму.

Из разведочных выработок отбирают следующие виды проб: образцы пород (монолиты, штуфы), послойные, поинтервальные и полузаводские (технологические). Их отбирают точечным, валовым, бороздовым и другими способами. Масса проб может составлять от 2-5 кг (послойные виды проб) до 2-10 т (полузаводские пробы).

По результатам выполненных изысканий грунтовых строительных материалов составляют отдельный технический отчет (заключение) либо выделяют раздел «Грунтовые строительные материалы для земляных сооружений» в отчёте по инженерно-геологическим изысканиям.

Контрольные вопросы:

- 1. Назовите стадии проектирования городского и поселкового строительства.*
- 2. С чем связано назначение дополнительных исследований при проектировании застройки в пределах существующего города, строительства отдельных жилых домов (микрорайонов), кварталов, улиц и площадей?*
- 3. Какова основная цель инженерно-геологических изысканий на предпроектном этапе при проектировании промышленных и гражданских зданий и сооружений?*
- 4. Реконструкция зданий и сооружений в зависимости от состава и намечаемых строительных работ подразделяется на несколько видов. Каких?*
- 5. Для каких целей при изысканиях под реконструкцию может быть использован новейший метод радиоволнового зондирования с помощью георадара?*
- 6. Что включает в себя понятие «мостовой переход»?*
- 7. В чём отличие изысканий для небольших и крупных водозаборов?*
- 8. Какие требования предъявляются при стационарных наблюдениях?*
- 9. В чём суть опытно-фильтрационных исследований?*
- 10. В каких условиях особенно трудоёмки и ответственны инженерно-геологические изыскания под новые автомобильные и железные дороги?*
- 11. В каких случаях возможно одностадийное проектирование гидротехнических сооружений с составлением рабочего проекта?*
- 12. Какие горные выработки являются основными при инженерно-геологических изысканиях?*
- 13. Какова специфика и особенности изысканий подземных вод в различных гидрогеологических условиях?*
- 14. Назовите категории запасов полезных ископаемых, в т.ч. строительного материала.*

ГЛАВА 6. ОХРАНА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

6.1. Строительство - природообразующий фактор

Геологические процессы, сформировавшие нашу планету, построившие её, создавшие геологические структуры, породы, ландшафты и внешний облик, неизмеримо медленнее по своим темпам, чем мощная строительная деятельность. Человек создает города, как техногенные горные системы; каналы, как техногенные реки; терриконы вскрышной породы, как техногенные холмы; добывает руду, уголь, нефть, поднимая их на поверхность; сельскохозяйственная деятельность стала соизмеримой по масштабам с денудационными процессами, с выветриванием, с площадной эрозией, но осуществляется она в тысячи раз быстрее, чем в природе на протяжении всей геологической истории.

Строительство - один из самых мощных видов производственной деятельности, превратилось в природообразующий («средодеформирующий») фактор. Изменяемая при строительстве геологическая среда оказывает значительное влияние на протекание процессов в сложившемся круговороте вещества, энергии и информации в биосфере, часто дестабилизируя круговоротные процессы. Повсеместное загрязнение окружающей нас среды разнообразными веществами, порой не имеющими природных аналогов и подчас совершенно чуждыми для нормального существования живых организмов, представляет серьёзную опасность для нынешнего и будущего поколений человека на Земле

Современная кризисная экологическая ситуация в своем разрешении, в том числе и в рамках «поддерживающего» (устойчивого) развития, требует экологизации многих сфер человеческой деятельности, и в частности, строительства, как чрезвычайно мощного фактора воздействия на природную среду. Необходимо учитывать, что строительство своё воздействие будет наращивать в связи с ростом общей численности населения Земли и в связи с нарастающей урбанизацией (уже сейчас почти 60 % населения живет в

городах). Кроме того, появилась тенденция к созданию мегаполисов и промышленных зон большой территории. Следует иметь в виду, что строительная экспансия не обязательно связана с новым строительством и освоением новых территорий, но все больше будет направлена на реконструкцию имеющихся поселений и промышленных комплексов и с активным освоением подземного пространства. При этом существенно возрастает роль специалистов, обладающих геологическими знаниями.

Это связано с тем, что в условиях реконструкции существующих сооружений им придется использовать уже изменённую под их воздействием геологическую среду, а также проектировать и возводить здания в условиях влияния других зданий при имеющейся плотной городской застройке. При этом необходимо учитывать нарастание требований по обеспечению бережности и надёжности сооружений даже при возможно мощных природных и техногенных чрезвычайных ситуациях, так как при росте численности Земли все чаще будет необходимо использовать под строительство сложные в геолого-климатическом отношении территории. Кроме того, человек все более «привыкает» к жизни и работе в комфортных условиях, во все большей коммуникационной «атмосфере», что определяет необходимость улучшения качества зданий и сооружений, формирующего, в свою очередь, качество жизни человека. И при всем при этом главнейшим остается на ближайшую перспективу снижение техногенного натиска на биосферу, сохранение биоразнообразия, устранения загрязнений и т.д.

С позиций инженерной геологии это повышает требования к результатам ее исследований и в определенной мере экологизирует её как науку.

6.2. Коэволюция инженерной геологии и геоэкологии

Рассматриваемая проблема коэволюции инженерной геологии и геоэкологии имеет вполне определенное значение, обусловленное новым этапом в развитии геологических и экологических наук. Классическое

определение Е.М. Сергеева, трактует инженерную геологию как науку о рациональном использовании и охране геологической среды от вредных для человека и природы процессов и явлений.

Это определение во многом предопределило экологизацию, наверное, самой «инженерной» из всех геологических дисциплин науки. Данная экологизация, заложенная в «природоохранной» части определения, сыграла роль «установки», как говорят психологи, на все последующее развитие инженерной геологии. При этом не следует забывать о том, что и вся предыдущая история инженерной геологии имела вполне определенные экологические корни. И возникновение инженерной геологии обусловлено вполне экологическим фактором, а именно – строительством, и точнее требованиями строителей об обеспечении их необходимыми для расчётов фундаментов сведениями о прочности и деформируемости подстилающих грунтов, т.е. характеристиками абиотической составляющей вновь создаваемой антропогенной экосистемы. Определение инженерной геологии как геологии на службе у строителей, в общем-то, достаточно точное. А если это так, то строительство, будучи чрезвычайным экологическим фактором, предопределило инженерную экологию как науку экологического цикла. Главными предметами, точнее объектами, которые изучались инструментально, были грунты, их свойства и изменение этих свойств во взаимодействии с сооружением, а затем, все более инженерно-геологические процессы, т.е. инженерная геология постепенно переходит от изучения объектов в статистике – статистических систем – к изучению динамических геологических систем во взаимодействии со строительными системами. Строительная система – здания, сооружения и их комплексы с инфраструктурой инженерных сетей, обеспечивающих их функционирование, а также сосредоточенные в них технологии. В большинстве случаев строительная система служит оболочкой, отделяющей техногенную и природную среду, в которой осуществляется жизнедеятельность.

Рассмотренные экологические аспекты взаимодействия строительства и геологической среды приводят к заключению о необходимости комплексного рассмотрения системы «сооружение – окружающая среда», и это предопределило формулирование экологической проблематики в геологии. Е.А. Козловский в 1989 году назвал это новое научное направление *геоэкологией*. Функциональной единицей является «геоэкологическая система», включающая в себя: растительность, живые организмы (в т.ч. человека), геологическую среду и техногенно-хозяйственные объекты.

Обобщенная характеристика современного этапа определяется понятием *техногенеза*. Техногенез в первую очередь отождествляется с горнорудной промышленностью, со строительством. Рассмотрение техногенеза, исключительно как порообразующего фактора, а строительства как части техногенеза, в виде орогенеза и (или) денудации может быть в определенной мере соотнесено с эволюцией инженерно-геологических условий. Кроме этого идут активные процессы внедрения продуктов человеческой деятельности загрязнений во все геосферы.

В настоящее время эволюция инженерно-геологических условий теснейшим образом связана с воздействиями изменяющихся атмосферы, гидросферы и биосферы. Взаимодействие всех геосфер в условиях техногенеза настолько тесное, что можно говорить о их «соразвитии» или «коэволюции». Создаваемая природно-техногенная система пока не развивается коэволюционно с природными геосферами, и в этом причина экологического кризиса. Изучение коэволюционных изменений в природной среде под воздействием человека и измененных природных условий (как коакций) на человека и есть задача геоэкологии. В то же время носитель всех геосфер – геологические объекты, и человек базируется на геологической среде в виде природно-техногенных (и строительных) систем исключительно через инженерно-геологические взаимодействия. Объектом геоэкологии являются все геосферные оболочки Земли и при рассмотрении «строительной

системы» необходимо учитывать её взаимодействие не только с геологической средой.

Все изложенное говорит о наличии коэволюционного развития новой геологической науки и инженерной геологии в её современном понимании. Глобальная проблема охраны природной среды затрагивает как все человечество в целом, так и все страны и народы и может быть решена лишь коллективным разумом и при объединении усилий всех людей на планете. Это связано с тем, что природные ресурсы Земли (атмосфера, гидросфера, флора, фауна) не могут быть разделены государственными границами; этих границ не признают и многие загрязнения. Каждое государство, охраняя среду в своих границах, решает тем самым и глобальные проблемы. 1 апреля 1996 г. был издан Указ Президента РФ № 440 «О концепции устойчивого развития РФ», также постановлением правительства была утверждена программа по реализации в России концепции устойчивого развития.

На сегодня территория нашей страны достаточно хорошо изучена, определены районы острых экологических ситуаций, зоны истощения ресурсов и зоны, которые потенциально могут выступить компенсаторами экологических нарушений. Все это позволяет приступить к целенаправленному сосредоточению средств и усилий на природоохранных мероприятиях, на экологизации человеческой деятельности, на восстановлении нарушенных экосистем, на всех тех направлениях, которые были приняты на Глобальном форуме в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

6.3. Основы мониторинга

Мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей человека природной среды. В строительном деле важнейшей задачей является прогноз возможных нарушений и природной среды и выработка рекомендаций по их устранению, т.е. для этого нужна система управления природными процессами, которые будут сопровождать строительство.

Важнейшим управляющим инструментом является нормативно-правовой механизм, регламентирующий экологические аспекты производственной, в том числе строительной деятельности. Следует отметить, что инженерные изыскания и инженерно-геологические, в частности, относятся к виду строительной деятельности и подлежат обязательному лицензированию. В последнее входят как составной элемент – обязательное выполнение требований по охране и рекультивации среды при выполнении этих работ.

В последние годы деятельность человека по охране природной среды резко активизировалась. В связи с этим появился мониторинг, как новая отрасль науки. Дополнительно к этому в практику вошел другой термин – *литомониторинг*, который применим к земной коре или, иначе говоря, к геологической среде (рис. 27).

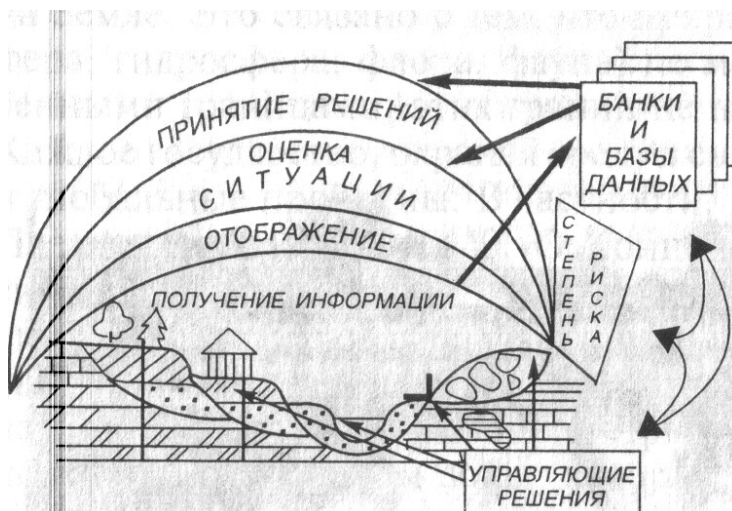


Рис. 27. Функциональная схема инженерно-геологического мониторинга

Основной целью литомониторинга является выявление нарушений в природной среде и её сохранение. Это относится к атмосфере, гидросфере, биосфере и земной коре. Мониторинг защищает интересы человека и стремится поддерживать необходимые условия для его нормальной жизни. Система мониторинга органически вписывается в глобальный (мировой), региональные (областные) и местные (районные) уровни. Мониторинг в рамках одного государства называют национальным.

В России в рамках мониторинга организована сеть станций, которые контролируют состояние атмосферы, гидросферы, биосферы и земной коры (особенно почв). Результаты наблюдений этих станций используются органами власти для принятия мер по устранению выявленных экологических нарушений. Станции имеют право контроля за исполнением государственных нормативных актов по сохранению природной среды. К своей работе кроме государственных учреждений станции привлекают общественные организации и население. В городах создаются общественные комитеты по охране природы.

В настоящее время осуществляется программа «Литомониторинг России», куда входят вопросы наблюдения, оценки, контроля и прогноза за состоянием земной коры, которая подвергается нарушениям под влиянием техногенной (строительной) деятельности человека. В этой работе ведущая роль принадлежит инженерной геологии.

6.4. Охрана земной коры

Охрана земной коры складывается из основных проблем:

- охрана геологической среды;
- охрана почв;
- борьба с инженерно-геологическими процессами.

Геологическая среда включает в себя рельеф и горные породы земной коры. Строительство объектов серьезно нарушает геологическую среду (рис.28). Поэтому при проектировании объектов следует составлять программу по предотвращению или восстановлению техногенно нарушенной геологической среды. При этом следует помнить, что природа, в свою очередь, постоянно изменяет геологическую среду. В силу естественных причин, связанных с глобальными геологическими процессами, протекающими как в глубинных зонах Земли, так и в ее поверхностной части, стоит только упомянуть такие явления, как землетрясения, вулканизм, речная эрозия и т.д.



Рис. 28. Функциональная схема геоинформационной системы оценки влияния строительства на геологическую среду

6.4.1. Охрана почв

Плодородный слой земной коры – почвы играют одну из важнейших ролей в протекании жизненных процессов, в формировании первичного природного органического вещества и в разложении остатков живых организмов и отходов жизнедеятельности. Во многом, следуя идеям В.И. Вернадского, почвы можно рассматривать как границу между «живым» и «неживым» и как источник получения продуктов питания.

Общая площадь почвенного покрова на планете сокращается, многие почвы теряют свое плодородие. Это во многом связано с отрицательным воздействием техногенной деятельности человека. Правовая охрана почв представляет совокупность законодательных мероприятий, направленных на эффективное и рациональное их использование, на всемирное сохранение и защиту от вредных воздействий.

Перед строительством почвенный слой должен быть снят и размещен на другой территории, где почва может впоследствии принести человеку необходимую пользу. Строительство и эксплуатация объектов нередко приводит к образованию инженерно-геологических процессов, которые

серьезно нарушают целостность земной коры (оползни, обвалы, провалы земной поверхности над подземными выработками, подтопление водой объектов и т.д.). Охрана земной коры в этих случаях складывается в виде разработки способов защиты территорий. При этом следует помнить, что выбор способа защиты диктуется местными геологическими условиями и природной обстановкой.

6.4.2. Рекультивация нарушенных земель

Рекультивация нарушенных земель. Всестороннее восстановление поверхности земной коры, нарушенной в процессе техногенной деятельности человека, называется рекультивацией земель. В настоящее время разработана научная классификация нарушенных земель, дана их характеристика по пригодности для того или иного хозяйственного использования. Это позволяет решать практические задачи рекультивации. Опыт рекультивации показал, что можно вернуть к жизни даже очень сильно нарушенные земли.

Основные задачи рекультивации заключаются в следующем:

- исключение или сведение до минимума неблагоприятных воздействий техногенной деятельности человека, в частности при производстве строительных котлованов, карьеров, отсыпки отвалов и т. д.;
- восстановление экологического равновесия в местах нарушения земной поверхности.

При разработке проектов рекультивации для данного участка учитывают рельеф местности, тип горных пород, характер подземных вод, климат, особенности растительности. В разработке принимают участие инженеры-геологи, геодезисты, почвоведы и другие специалисты. В проектах предусматривают сложный комплекс горных, гидротехнических, гидрогеологических, мелиоративных, строительных и сельскохозяйственных работ. Рекультивация бывает в основном двух видов: горно-техническая и биологическая.

Горно-техническая рекультивация. Основная её задача - приведение нарушенной поверхности земли в порядок. Работа начинается с планировки территории и покрытия слоем почвы (до 15 см). На базе этого создается дерновый слой, который хорошо укрепляет поверхность земли, особенно склоны рельефа. При необходимости грунтовые воды регулируются дренажами. Принимаются меры по предотвращению появления инженерно-геологических процессов, создаются устойчивые откосы, упрочняется поверхность земли от размыва и развеивания ветром.

Биологическая рекультивация предусматривает освоение территории под жилую застройку или создание зон отдыха. После планировки поверхность покрывают почвой с последующей посадкой деревьев кустарников и посевом сельскохозяйственных культур. В местах отработанных карьеров возможно создание водоемов.

Опыт работ по рекультивации показал следующее:

1) рекультивацию нарушенной территории по планировке земли необходимо проводить в кратчайшие сроки после завершения или в период строительства объекта;

2) откосы склонов и отвалов земли следует покрывать лесом или высевать многолетние травы. Для посадки леса поверхность земли необходимо выполаживать до 18-20°, под сады - до 11° и сельскохозяйственные культуры - до 3-5°.

6.5. Инженерно-геологические изыскания и охрана окружающей среды

При производстве работ как и при эксплуатации объектов, нарушения природной среды практически неизбежны. Задача строителей сводится к тому, чтобы всегда находить средства и технические возможности для их устранения. Для этого в проекты строительства и на период эксплуатации объектов следует закладывать природопользовательные факторы, с помощью

которых можно либо не допускать, либо сводить до минимума нарушения природной среды.

Согласно СНиП 11-02—96 «Инженерные изыскания для строительства», при выполнении инженерно-геологических и других видов изысканий необходимо осуществлять мероприятия по охране окружающей среды и исключению ее загрязнения. Как известно, в процессе проведения инженерно-геологических изысканий широко используются разнообразные технические средства и механизмы: самоходные буровые установки и агрегаты, различные транспортные средства - автомобили, тракторы и др., погрузочные и подъемные устройства и т. д.

С их помощью бурятся скважины, проходятся горные выработки (шурфы, штольни, дудки и др.), ведутся опытные работы, прокладываются подъездные пути и т. д., которые могут оказывать существенное негативное влияние на естественные экологические системы, природные ландшафты и природные комплексы.

Поэтому строительными нормами и правилами (СНиП) и другими документами, в т.ч., СП 11-105—97, ч. I—IV, предусматривается, что при инженерно-геологических изысканиях, особенно в районах со сложными инженерно-геологическими условиями, должны строго соблюдаться требования по охране природы, предусматриваться и осуществляться мероприятия, не допускающие нарушения сложившихся природных условий буровыми, опытно-фильтрационными и другими работами, которые могут вызвать активизацию карста, оползней и других процессов, образование провалов и оседаний земной поверхности.

Отрицательное (негативное) воздействие инженерно-геологических изысканий на окружающую природную среду может проявляться и в других случаях: нарушении почвенного покрова и его загрязнении, загрязнении атмосферного воздуха отработанными газами транспортных средств и двигателей буровых установок, загрязнении подземных и поверхностных вод горюче-смазочными материалами и химическими реактивами,

используемыми при буровых и опытных работах, истощении подземных вод при неконтролируемом самоизливе артезианских скважин и др.

Все скважины, шурфы и другие выработки, пройденные в процессе инженерно-геологических изысканий и не переданные заказчику для проведения стационарных наблюдений, подлежат обязательной ликвидации тампонажем цементным раствором или засыпкой местным глинистым грунтом. Земли, на которых производились буровые, опытные и другие работы, должны быть рекультивированы с восстановлением почвенного слоя, а в лесопарковых зонах - дернового покрова.

Во всех случаях при проведении инженерно-геологических изысканий необходимо стремиться свести к минимуму наносимый ими ущерб окружающей среде. Проектировщик (строитель, эксплуатационник) должен на основе данных, полученных в ходе инженерно-геологических изысканий, предусмотреть мероприятия, которые в максимально возможной степени предотвратили бы негативное влияние проектируемого объекта на окружающую среду как в процессе строительства, так и при последующей эксплуатации. Экологическое обоснование этих мероприятий и способы их реализации излагаются в специальных руководствах по охране окружающей среды в строительстве.

Природоохранные мероприятия необходимо разрабатывать на основе опыта строительства, прогноза динамики развития и изменения земной поверхности в силу природных и техногенных факторов. О выполнении этих мероприятий в период строительства должно быть указано в акте на сдачу объектов в эксплуатацию.

Строители должны относиться к охране природы, как к важнейшей своей служебной обязанности, быть организатором и руководителем всех природоохранных работ. При проектировании следует оценивать степень будущего нарушения природы. Возможны случаи, когда от строительства необходимо отказаться. Нежелательно занимать земли, пригодные для сельского хозяйства, целесообразно использовать земли

непригодные или малопригодные. В период строительства необходимо особое внимание уделять сохранению почв. Вскрышные грунты, которые образуются при вскрытии котлованов, следует вовлекать в сферу строительства (отсыпка насыпей, планировка территорий и т. д.) и не делать отвалов. Не менее важным мероприятием по охране природы при строительстве и эксплуатации объектов является борьба с запылением воздуха, загрязнением водоемов и зеленых массивов, против усиления эрозии, отравления почв.

Контрольные вопросы

- 1. Какое новое научное направление в геологии занимается экологической проблематикой?*
- 2. С каким производством отождествляется техногенез?*
- 3. В чём суть коэволюционного развития новой геологической науки и инженерной геологии в её современном понимании?*
- 4. Какова основная цель литомониторинга?*
- 5. Каковы основные задачи рекультивации?*
- 6. Какие мероприятия предусматривает биологическая рекультивация?*

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев, В.П. Инженерная геология и гидрогеология / В.П.Ананьев, Л.В.Передельский – М.: Высшая школа, 1980 – 271с.
2. Передельский, Л.В. Инженерная геология / Л.В.Передельский, О.Е.Приходченко – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006 – 447с.
3. Платов, Н.А. Основы инженерной геологии / Н.А.Платов – М.: ИНФРА-М, 2011 – 192с.
4. Скабалланович, И.А. Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений / И.А. Скабалланович, М.В. Седенко - М.: Недра, 1973, 194 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| Глава 1. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОСТАВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ | 4 |
| 1.1. Инженерно-геологические изыскания | 4 |
| 1.2. Договор (контракт), техническое задание и программа инженерно-геологических изысканий | 9 |
| Глава 2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ | 12 |
| 2.2. Инженерно-геологическая рекогносцировка | 12 |
| 2.2. Инженерно-геологическая съёмка | 13 |
| 2.2.1. Гидрогеологическая съёмка | 15 |
| 2.4. Инженерно-геологическая разведка | 18 |
| Глава 3. СТАДИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ | 19 |
| 3.1 Предпроектная документация | 19 |
| Глава 4. МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ | 23 |
| 4.1. Сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет | 23 |
| 4.2. Дешифрирование аэро- и космоматериалов и аэровизуальные наблюдения | 24 |
| 4.3. Буровые и горнопроходческие работы | 25 |
| 4.3.1. Бурение скважин на воду | 29 |
| 4.3.2. Проходка шурфов и других горных выработок | 31 |
| 4.3.3. Наблюдения при бурении скважин и проходке шурфов | 33 |
| 4.3.4. Геологическая документация буровых и горнопроходческих работ | 35 |
| 4.4. Геофизические исследования | 37 |
| 4.4.1. Геофизические исследования с поверхности земли | 39 |
| 4.4.2. Геофизические исследования в горных выработках | 42 |
| 4.5. Опытные полевые работы и стационарные наблюдения | 44 |
| 4.5.1. Полевые исследования грунтов | 44 |
| 4.5.2. Опытно-фильтрационные исследования | 48 |
| 4.5.3. Стационарные наблюдения | 56 |
| 4.6. Лабораторные исследования грунтов и подземных вод | 57 |
| 4.6.1. Лабораторные определения грунтов и обработка их результатов | 57 |

| | |
|---|------------|
| 4.6.2. Лабораторные исследования подземных вод | 61 |
| 4.7. Камеральные работы и составление технического отчёта | 62 |
| 4.7.1. Технический отчёт об инженерно-геологических изысканиях | 63 |
| ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ | 66 |
| 5.1. Инженерно-геологические изыскания для градостроительных работ | 66 |
| 5.2. Инженерно-геологические изыскания при проектировании промышленных и гражданских зданий и сооружений | 68 |
| 5.3. Инженерно-геологические изыскания для обоснования проектов реконструкции зданий и сооружений | 73 |
| 5.4. Инженерно-геологические изыскания при проектировании автомобильных и железных дорог | 76 |
| 5.5. Инженерно-геологические изыскания мостовых переходов | 80 |
| 5.6. Инженерно-геологические изыскания при проектировании систем водоснабжения, водоотведения и теплогазоснабжения | 84 |
| 5.6.1. Плотины и водохранилища | 84 |
| 5.6.2. Трубопроводы | 88 |
| 5.6.3. Сооружения систем водоотведения и очистки сточных вод | 90 |
| 5.7. Гидрогеологические изыскания для водоснабжения | 92 |
| 5.7.1. Гидрогеологические изыскания для небольших водозаборов | 92 |
| 5.7.2. Гидрогеологические изыскания для обоснования проектов крупных водозаборов | 95 |
| 5.7.3. Гидрогеологические изыскания в процессе строительства и эксплуатации водозаборов и при их расширении | 101 |
| 5.7.4. Изыскания подземных вод для водоснабжения в различных гидрогеологических условиях | 104 |
| 5.8. Изыскания природных строительных материалов | 108 |
| ГЛАВА 6. ОХРАНА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ | 118 |
| 6.1. Строительство - природообразующий фактор | 118 |
| 6.2. Коэволюция инженерной геологии и геоэкологии | 119 |
| 6.3. Основы мониторинга | 122 |
| 6.4. Охрана земной коры | 124 |
| 6.4.1. Охрана почв | 125 |
| 6.4.2. Рекультивация нарушенных земель | 126 |
| 6.5. Инженерно-геологические изыскания и охрана окружающей среды | 127 |
| ЛИТЕРАТУРА | 131 |
| СОДЕРЖАНИЕ | 132 |

