

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«Брестский государственный технический университет»

ГРИЦУК М. С.

**ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ИЗЫСКАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ,  
ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
И АЭРОДРОМОВ**

Курс лекций для студентов специальности 70 03 01  
«Автомобильные дороги»

Издание 2, переработанное и дополненное

Брест 2010

БКК 38.2:26.3 Я.73  
УДК 624.131.551  
Г 97

Рецензенты: профессор кафедры «Геотехника и экология в строительстве» Белорусского национального технического университета, д.т.н. П.Н. Костюкович;  
профессор кафедры технологии строительного производства БрГТУ, к.т.н. В.Н. Черноиван

**Грицук М.С.**

Г97 Основы инженерно-геологических изысканий при строительстве дорог, дорожных сооружений и аэродромов. Курс лекций. – Брест: издательство УО «БрГТУ», 2010. – 92 с.

ISBN 978-985-493-150-0

Курс лекций по дисциплине «Основы инженерно-геологических изысканий при строительстве дорог, дорожных сооружений и аэродромов» предназначен для студентов специальности 70 03 01 «Автомобильные дороги».

ISBN 978-985-493-150-0

© Грицук М.С., 2010  
© Издательство БрГТУ, 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геологические изыскания (ИГИ) при строительстве автомобильных дорог, дорожных сооружений и аэродромов являются основополагающими факторами при проектировании и строительстве путей сообщения дорог аэродромов и примыкающих к ним различных зданий и сооружений.

Целью изучения дисциплины является необходимость дать студентам основные положения ИГИ при строительстве автомобильных дорог, дорожных сооружений и аэродромов. Современные автомобильные дороги предназначаются для движения с высокими скоростями, и они должны быть запроектированы и построены таким образом, чтобы автомобили и другие транспортные средства могли реализовать свои динамические качества при нормальном режиме работы двигателя, чтобы на поворотах, подъемах и спусках транспортное средство на разрешенных на данных участках дороги скорости находилось в безопасном положении.

Задачей инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий (ИГИ и ГГИ) аэродромов является комплексное изучение природных условий участка аэродрома и получения данных, необходимых для технически правильного, экономически целесообразного решения основных вопросов проектирования, строительства и эксплуатации аэродрома, а также составления прогноза изменения окружающей природной среды под влиянием производственной деятельности аэропорта.

Основной задачей при прохождении курса «Основы инженерно-геологических изысканий при строительстве автомобильных дорог, дорожных сооружений и аэродромов» является обучение будущего специалиста современным знаниям по:

- оценке геологических и гидрологических условий в районе строительства;
- обоснованию наиболее рациональных видов и способов подготовки оснований при строительстве дорог и фундаментов транспортных сооружений;
- разработке рекомендаций, необходимых для инженерной подготовки трасс и строительных площадок;
- оценке процессов и явлений на поверхности земной коры, обусловленных динамикой движения транспортных средств и движением поверхностных вод.

В результате изучения курса студент должен знать основные показатели физико-механических свойств горных пород, их генезис, законы гидродинамики подземных и поверхностных вод, а также основные положения по методике проведения инженерно-геологических исследований при строительстве дорог, дорожных сооружений и аэродромов. При этом студент должен уметь использовать результаты данных изысканий, читать геологические карты, разрезы и другие документы при выполнении дорожно-строительных и проектных работ.

Курс лекций по дисциплине «Основы инженерно-геологических изысканий при строительстве автомобильных дорог, дорожных сооружений и аэродромов» в основном базируется на данных и требованиях, изложенных в строительных нормах Республики Беларусь БНБ 01 02 01-96 «Инженерные изыскания для строительства» [1].

Дополнительная литература [2-14] использовалась при разработке отдельных вопросов изысканий и определения физико-механических и прочностных показателей грунтов.

# ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ, ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ И АЭРОДРОМОВ

## 1.1. Задачи инженерно-геологических исследований

ИГИ проводятся для обоснования проектирования различных видов строительства, разведки месторождений полезных ископаемых и других различных инженерных мероприятий.

Основными задачами ИГИ являются:

- изучение инженерно-геологических, геоморфологических и гидрогеологических условий строительной площадки;
- изучение современных геологических и гидрогеологических процессов, происходящих в земной коре;
- изучение свойств горных пород и грунтов.

В зависимости от своего назначения ИГИ выполняются:

- до проектирования,
- в период строительства,
- в период эксплуатации зданий и сооружений.

Основной объем ИГИ приходится на работы, проводимые в период до проектирования строительных объектов. На этом этапе ИГИ обеспечивают получение данных, связанных:

- с геологией и гидрогеологией местности,
- со свойствами горных пород и грунтов,
- с получением инженерных выводов.

Изучение геологии и гидрогеологии местности позволяет установить наиболее удобный участок для строительства и эксплуатации данного вида здания или сооружения.

Изучение свойств грунтов и горных пород позволяет определить их пригодность для строительства того или другого вида здания или сооружения, а также составить представление о наличии в данном районе соответствующих строительных материалов. Важное значение при ИГИ имеют инженерные выводы. Так, в период строительства при отрывке котлованов производят сопоставление наблюдаемых видов горных пород с данными, полученными в период ИГИ до проектирования. При наличии расхождений назначают дополнительные исследования и вносят соответствующие поправки в проект.

При эксплуатации объектов необходимо проводить работы, связанные с определением их прочности и устойчивости. К этому периоду относят работы, получившие название ИГ экспертизы.

Объем ИГИ зависит от:

- стадий проектирования,
- геологической изученности района,
- сложности геологического строения,
- свойств грунтов горных пород,
- конструктивными особенностями проектируемых дорог, мостов, зданий и сооружений.

ИГИ разделяют на три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

## **1.2. Требования, предъявляемые к изысканиям при проектировании и строительстве автомобильных дорог, дорожных сооружений и аэродромов**

Инженерные изыскания выполняются в порядке, установленном законодательством РБ, и в соответствии с требованиями нормативных документов Государственной системы технического нормирования и стандартизации в области строительства, а также строительных норм, стандартов и других документов, если они утверждены или их применение согласовано. При этом допускается использование законченных научно-технических разработок, за результаты применения которых организация несет ответственность.

Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических и инженерно-геоэкологических (ИГ и ИГЭ) условий района изысканий с целью получения материалов и данных, необходимых для обоснования размещения объектов, их проектирования, строительства и эксплуатации; а также составления прогноза изменения геологических и экологических условий с учетом взаимодействия новых объектов с существующими. ИГИ должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий территорий: геоморфологических условий рельефа, геологического строения, состава, состояния и свойств грунтов, а также поиск и разведку местных строительных материалов.

Геоэкологические исследования в составе ИГИ должны обеспечивать изучение инженерно-геоэкологических условий: характера, интенсивности и распространения загрязнения грунтов и подземных вод, на активизацию опасных геологических процессов и состояние поверхностной гидросферы, растительного покрова и атмосферы.

Инженерно-геоэкологические изыскания и исследования выполняются согласно требованиям строительных норм [1] и соответствующих нормативных документов.

## **1.3. Исследования на различных стадиях проектирования**

При изысканиях для предпроектной документации и рабочего проекта применяется поэтапная организационно-технологическая схема с выделением этапов в зависимости: от сложности инженерно-геологических и ИГЭ условий, класса ответственности, количества зданий, состава изысканий, объемов работ, методов исследований и др. Организационные этапы определяются сроками представления заказчику данных результатов исследований.

Технологические этапы определяются специалистом, ведущим изыскания. Задачи начального этапа:

- уточнение рабочей гипотезы ИГ и инженерно-геоэкологических (ИГЭ) условий,
- предварительная оценка геологического строения и свойств грунтов,
- определение видов и объемов работ,
- определение методов испытаний.

Другие технологические этапы могут быть связаны с окончанием работ или согласования с проектировщиком хода изысканий.

В состав ИГИ входят следующие их виды:

- ИГ рекогносцировка,

- ИГ съемка,
- ИГ разведка,
- ИГИ в период строительства,
- ИГИ по окончанию строительства.

### **1.3.1. Инженерно-геологическая рекогносцировка**

ИГ рекогносцировка проводится как самостоятельный вид ИГИ или как начальный этап съемки и разведки.

Съемка выполняется при изысканиях для предпроектной документации и проекта. Разведка выполняется для рабочего проекта и рабочей документации. В период строительства и по его окончании выполняются работы, предусмотренные заданием на изыскания и программой изыскательских работ.

Основные задачи рекогносцировки:

- оценка полноты имеющейся информации об ИГ и ИГЭ условиях территории,
- сравнительная оценка ИГ и ИГЭ условий намеченных вариантов участка или трассы,
- выявление изменений ИГиЭ условий за определенный период, их характера и причин,
- уточнение на местности расположения точек проведения работ и подхода к ним технических средств,

При рекогносцировке ведутся маршрутные наблюдения состояния рельефа местности и выполняются другие виды работ, предусматриваемые программой изысканий.

Рекогносцировка, проводимая как самостоятельный вид изысканий, завершается составлением отчета с характеристикой работ и их результатов. К отчету прилагаются необходимые материалы: карты, разрезы, колонки, графики, таблицы и др.

### **1.3.2. Инженерно-геологическая съемка**

Инженерно-геологическая съемка (ИГС) представляет собой комплексное изучение геологии, гидрогеологии, геоморфологии и других условий района строительства. Эти исследования дают возможность оценить данную территорию со строительной точки зрения. Масштабы ИГС определяются детальностью ИГИ и могут приниматься от 1:200 000 до 1:5000 и крупнее.

При геологических исследованиях определяются условия залегания пород, их мощность, возраст, тектонические и др. особенности. Для каждого слоя записывают наименование породы, состав, примеси и другие показатели. На карте указывается местонахождение обнажений. Районы, где наблюдается большое количество обнажений, называют открытыми, а при отсутствии их – закрытыми. В закрытых участках геологическое строение изучают с помощью разведочных выработок.

При ИГС изучают гидрогеологические условия (ГГУ) для выяснения глубины залегания подземных вод, их режима и химического состава; выявляют геологические явления и процессы, влияющие на устойчивость зданий и сооружений. Изучают опыт строительства на данной территории, определяют физико-механические и прочностные свойства пород полевыми и лабораторными методами.

Геоморфологические исследования определяют характер рельефа, его возраст и происхождение. Геоморфологическая карта Беларуси дана в приложении 3 рисунок Г1.

На основе данных исследований составляют ИГ карту района строительства для проектируемого объекта.

### **1.3.3. Виды работ, проводимых при инженерно-геологических изысканиях**

При ИГИ производятся следующие виды работ:

- предварительные камеральные работы,
- маршрутные наблюдения,
- аэровизуальные наблюдения,
- геофизические исследования,
- проходка горных выработок,
- полевые исследования грунтов,
- лабораторные исследования грунтов и подземных вод,
- гидрогеологические исследования,
- стационарные наблюдения,
- обследование оснований зданий и сооружений,
- специальные полевые и лабораторные исследования (испытания, определения, наблюдения, моделирование),
- текущая и итоговая обработка материалов исследований.

Полевые и лабораторные исследования, отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов грунтов и проб воды должны производиться в соответствии с требованиями ГОСТов [2, 3, 4].

При составлении программы исследований и проведении изысканий применение нестандартных методов исследований должно быть обосновано программой изысканий, при этом необходимо максимально использовать все имеющиеся данные о природных условиях изучаемой территории.

#### **1.3.4. Предварительные камеральные работы**

Предварительные камеральные работы выполняются на всех стадиях изысканий для оценки изученности территории, определения задач и составления программы изысканий или заключения об ИГ и ИГЭ условий без проведения полевых работ.

Предварительные камеральные работы включают сбор, обработку и анализ материалов ранее выполненных работ и исследований. Особое внимание следует уделять информации о наличии и причинах возникновения нежелательных ИГ процессов.

Фактический материал изысканий, ранее выполненный в границах изучаемой территории, должен непосредственно использоваться при составлении программ, ходе изысканий и составлении отчетов.

#### **1.3.5. Маршрутные и аэровизуальные наблюдения**

Маршрутным наблюдениям при рекогносцировке и съемке должно предшествовать предварительное изучение дешифрованных материалов аэрокосмических съемок для уточнения задач наземных маршрутов. Виды и мас-

штабы съемок выбираются с учетом разработанности дешифрованных признаков (застроенность, заболоченность и др.).

По данным аэрокосмических съемок изучаются природные условия развития геологических процессов и изменений геологической среды под влиянием техногенных факторов, а также для контроля состояния сооружений при их строительстве и эксплуатации, в том числе при проведении отдельных исследований на данной строительной площадке и мониторинге.

### **1.3.6. Геофизические исследования**

Данные исследования следует выполнять как при ИГ рекогносцировке, так и на начальном этапе изысканий для предпроектной документации, рабочего проекта и для исследований на других стадиях и этапах.

Геофизические исследования выполняются в сочетании с другими видами работ для изучения геологического строения, свойств грунтов, гидрогеологических условий, геологических и ИГ процессов, а также, при необходимости, сейсмотектонических условий с оценкой сейсмичности данного района.

Особое внимание следует уделять выявлению неоднородности строения массивов и пространственной изменчивости свойств грунтов с целью уточнения рабочей гипотезы об ИГ условиях, схемы расположения точек проведения работ.

### **1.3.7. Виды горных выработок**

При исследовании заданного района строительной площадки могут применяться следующие виды горных выработок:

- буровые скважины,
- шурфы,
- дудки,
- канавы (траншеи),
- расчистки и др.

Буровые скважины – это круглые выработки малого диаметра, выполняемые специальным буровым инструментом.

Шурфы – колодцеобразные вертикальные выработки прямоугольного или квадратного сечения.

Дудки – шурфы круглого сечения.

Канавы (траншеи) – узкие (до 0,8 м) и неглубокие (до 2 м) выработки.

Расчистки – выработки, используемые для снятия рыхлого верхнего слоя грунта с наклонных поверхностей естественных обнажений.

Способы проходки выработок выбираются в зависимости от задач изысканий, их назначения, особенностей района работ, видов грунтов, глубины залегания подземных вод и др.

Размеры скважин выбираются в зависимости от их назначения, необходимости крепления обсадными трубами, размеров оборудования для отбора образцов грунта соответствующих размеров.

Сечения шурфов и диаметр дудок выбираются в зависимости от способа крепления стенок, размеров монолитов с учетом доступа в выработку изыскателя.

Все выработки, выполнившие свое назначение, должны быть засыпаны грунтом с трамбованием или цементно-глинистым раствором.

### **1.3.8. Полевые методы исследования грунтов**

Полевые методы исследования грунтов являются неотъемлемой частью ИГИ и должны выполняться в комплексе с другими видами работ для определения всех свойств грунтов и оценки их изменения в пространстве. При этом уточняются границы инженерно-геологических элементов, оценивается возможность погружения и несущей способности свай и другие задачи.

Полевые исследования могут носить и самостоятельный характер при дополнении данных ранее выполненных изысканий, при изысканиях в период строительства или по его окончании.

Методы полевых исследований физических свойств грунтов и подземных вод следует выбирать в зависимости от стадии и задач изысканий, класса ответственности здания, степени изученности ИГ и ИГЭ, площади изысканий и др.

#### **1.3.8.1. Исследование грунтов в полевых условиях методом зондирования**

Зондирование или пенетрационный коротаж должны предшествовать проходке выработок с целью рационального их расположения и повышения достоверности расположения границ слоев горных пород.

Для установления изменчивости показателей свойств грунтов, уточнения границ ИГЭ, выбора мест испытаний грунтов, определения степени упрочнения и прочности грунтов при уплотнении и решения других аналогичных задач зондирование необходимо выполнять как между точками обязательного комплекса исследований, так и в других пунктах со сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями.

На недостаточно изученных территориях следует выполнять зондирование различными методами в сочетании с полевыми и лабораторными исследованиями грунтов для установления необходимых зависимостей или поправочных коэффициентов.

Обязательный элементарный комплекс исследований в одной точке наблюдений должен включать предварительное зондирование с оценкой основных показателей свойств грунтов.

Расстояние между точкой зондирования и выработкой должно быть не более 1,5-2 м. Если предусматривается определение физических и механических свойств горных пород и грунтов по образцам нарушенного сложения, скважины следует проходить в точке зондирования (пенетрационного коротажа).

При проходке шурфов и дудок количество и расположение точек зондирования (пенетрационного коротажа) устанавливается программой изысканий. Расстояние между точками зондирования или скважинами зависит от класса ответственности здания или сооружения и определяется по данным таблицы 1.1.

Штамповые испытания должны проводиться на слоях грунта, однородных по сжимаемости.

Производить испытания несущей способности грунтов сваями с применением динамической или статической нагрузки необходимо до завершения проектирования.

Ориентировочные значения глубины выработок и зондирования даны в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Определение расстояния между скважинами и точками зондирования

Категория сложности ИГ условий	Класс ответственности зданий и сооружений					
	1		2		3	
	Расстояние, м, между					
	скв.	точками	скв.	точками	скв.	точками
I	30-35	15	35-40	17	40-50	20
II	25-30	12	30-35	15	35-40	17
III	20-25	10	25-30	12	30-35	15

*Примечания*  
В таблице приведены расстояния между скважинами обязательного элементарного комплекса по п. 4.24 [1] без учета оконтуривания грунтов, уточнения границ ИГЭ и др.

Таблица 1.2 – Определение глубины выработок (зондирования) в зависимости от нагрузки

Ленточный фундамент		Отдельная опора	
Нагрузка, кН/м	Глубина выработки (зондирования), м	Нагрузка, кН/м	Глубина выработки (зондирования), м
До 100	4-6	До 1000	5-7
200	6-8	2500	7-9
500	9-12	5000	9-13
700	12-15	10000	11-15
1000	15-20	20000	12-19
2000	20-23	50000	18-25

### 1.3.8.2. Опробование грунтов и горных пород

Кроме определения геологического строения и ИГ условий участков строительства, важной задачей разведочных выработок является опробование или комплекс работ, дающий возможность получить обобщенные показатели состава, состояния и свойств пород.

Отбор из разведочных выработок и обнажений образцов грунтов и горных пород производится в 3 этапа:

1) определение системы отбора и количества образцов грунтов в полевых условиях;

2) отбор проб, их обработка и консервация;

3) исследование образцов горных пород по определению показателей физико-механических свойств.

В основу принципов системы опробования грунтов входят следующие положения:

1) опробование необходимо проводить послойно;

2) наиболее детально исследуется несущий слой и особенно та его часть, где развиваются максимальные деформации;

3) количество взятых образцов должно обеспечивать заданную точность определяемых показателей их свойств.

При отборе проб для ИГ целей используется 3 способа:

1) точечный – образцы отбираются ненарушенной структуры;

2) бороздовый;

3) валовый.

Два последних способа дают образцы с нарушенной структурой и без сохранения природной влажности. Их можно использовать для определения гранулометрического и минералогического составов.

Для ИГ работ важным условием является отбор проб с сохранением их природного состояния. Для этого в установленном месте намечают контур монолита и с помощью режущего инструмента вырезают образец размером 25х25х25 см. Одновременно с этим часть грунта помещают в бокс для определения естественной влажности. К монолиту прикрепляют две этикетки с указанием места и даты отбора, наименование породы, организации, производившей отбор, и т. д. Одна из этикеток помещается на поверхности образца, а другая – на поверхности его упаковки.

После отбора монолит немедленно консервируют. Для этого образец обертывают марлей и пропитывают гудроном. В настоящее время для консервации образцов используются плотные целлофановые мешки. Для закрепления от разрушения их обвязывают лентой.

Монолиты перевозят в ящиках со слегка увлажненными древесными опилками или соломой.

### ***1.3.9. Гидрогеологические исследования***

Данные исследования выполняются применительно к конкретным задачам изысканий. Здесь устанавливаются условия залегания и распространения грунтовых вод, верховодки и других водоносных слоев, влияющих на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Особое внимание следует уделять получению данных для прогнозирования изменения уровня грунтовых и подземных вод, а также изменения направления их движения и режима.

Гидрогеологические параметры и характеристики водоносных горизонтов следует определять в сферах взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой.

При изучении химического состава подземных и грунтовых вод следует оценивать их влияние на несущую способность железобетонных конструкций, покрытий автомобильных дорог, развитие химической суффозии, снижению несущей способности грунтов, их засоление и развитие других негативных показателей.

### ***1.3.10. Предварительные инженерно-геологические исследования***

Основная цель предварительных исследований – выбор строительной площадки для возведения того или другого типа здания или сооружения. Затем проводятся работы по ее изучению. Сюда входят сбор, изучение и анализ всех имеющихся материалов:

- геологических и инженерно-геологических;
- гидрогеологических;
- геоморфологических;
- климатических;
- экологических.

Инженерно-геологическое обследование территории проводится в полевых условиях осмотром обнажений. При недостаточной обнаженности горных

пород, а также отсутствию геологических данных в литературе, выполняют проходку одной или двух буровых скважин, глубиной не более 20-30 м, на каждом геоморфологическом однородном участке. При гидрогеологических исследованиях необходимо выяснить общую гидрогеологическую обстановку; в том числе режим грунтовых вод, условия водоснабжения и дренажа площадок.

По всему собранному материалу составляется отчет с геолого-литологическими разрезами или отдельными колонками пройденных разведочных выработок. На основании отчета в пределах изучаемой территории производится окончательный выбор строительной площадки.

После выбора строительной площадки производится работа по оценке ее инженерно-геологического состояния. Сюда входят работы:

- инженерно-геологическая съемка;
- геофизические работы;
- проходка разведочных выработок;
- полевые и лабораторные исследования;
- камеральные работы с составлением отчета.

### ***1.3.11. Лабораторные исследования грунтов и подземных вод***

Лабораторные исследования грунтов и подземных вод являются составной частью комплекса ИГИ. Согласно данным [5], сюда относятся следующие виды работ:

1) определение минерального и химического состава;  
2) установление классификационных показателей физико-механических свойств пород. Сюда входят:

- а) показатели структуры и текстуры пород:
  - гранулометрический состав,
  - пористость и коэффициент пористости,
  - степень плотности;
- б) физическое состояние:
  - естественная влажность,
  - число пластичности и консистенция,
  - степень влажности,
  - выветрелость;
- в) физические показатели:
  - естественная плотность,
  - плотность частиц грунта,
  - плотность скелета грунта,
  - коэффициент фильтрации,
  - растворимость и размокаемость,
  - набухание и липкость,
  - водоотдача;
- г) показатели сжимаемости:
  - компрессия и модуль общей деформации;
  - модуль упругости,
  - коэффициент Пуассона;
- д) механическая прочность:
  - песчаные породы:
    - угол естественного откоса,

- сопротивление сдвигу,
- коэффициент бокового давления;
- глинистые породы:

- сопротивление сдвигу,
- удельное сцепление и угол внутреннего трения.

3) определение нормативных и расчетных показателей;

4) определение показателей свойств грунтов с целью рационального выбора мероприятий по мелиорации и борьбе с возможными оползнями.

Лабораторные исследования определяют практически все качественные и количественные показатели грунтов и горных пород.

Вид и количество анализов зависит от состава и особенностей пород, назначения и детальности их исследования. Содержание каждого вида анализа для конкретной породы определяются действующими нормами и стандартами.

### **1.3.12. Специальные полевые и лабораторные исследования грунтов**

Специальные полевые и лабораторные исследования состояния и свойств грунтов должны выполняться применительно к задачам изысканий с учетом прогнозируемого их изменения в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Обследование оснований зданий и сооружений производится при их реконструкции, ухудшении условий эксплуатации, при риске повреждения соседних зданий, инженерных сетей и др. особых случаях.

По завершению полевых работ и лабораторных исследований выполняется итоговая камеральная обработка материалов и составляется отчет об изысканиях в соответствии с требованиями [1].

При изысканиях в простых ИГ условиях для проектирования отдельных зданий и сооружений I и II класса ответственности допускается вместо отчета составлять заключение с изложением результатов изысканий в краткой форме.

### **1.3.13. Стационарные наблюдения**

Данные наблюдения занимают важное место в обеспечении нормальной эксплуатации зданий и сооружений и проводятся для изучения температурного режима подземных вод, режима влажности грунтов зоны аэрации, изменения свойств грунтов, осадок оснований, развития опасных геологических процессов и эффективности инженерной защиты.

На территориях городов и промышленных объектов, особенно если они расположены на лессовых грунтах, большое значение имеют постоянные наблюдения за уровнем грунтовых вод с помощью наблюдательных скважин со специальным оборудованием (пример – г. Волгодонск).

Продолжительность стационарных наблюдений при исследовании физических, механических и прочностных свойств грунтов и горных пород обосновывается программой изысканий в соответствии с их задачами и должна быть не менее одного года. В ответственных случаях, для зданий и сооружений I класса ответственности, исследования могут проводиться в течение нескольких лет.

## ГЛАВА 2. ВИДЫ ИЗЫСКАНИЙ

### 2.1. Изыскания для предпроектной документации

#### 2.1.1. Инженерно-геологические изыскания

ИГИ должны обеспечивать комплексное изучение ИГ условий района намечаемого строительства для выделения конкретных пунктов размещения проектируемого объекта. При этом выбирается оптимальный вариант строительной площадки или трассы с точки зрения основных технико-экономических и экологических показателей.

На конкурентных площадках изыскания проводятся с одинаковой детальностью, обеспечивающей возможность сравнительной их оценки и технико-экономического сравнения вариантов.

Если ИГ и ИГЭ условия территории хорошо изучены, то заключение может быть составлено с использованием имеющихся информации без проведения полевых изысканий. При этом должны учитываться давность предыдущих изысканий, возможность изменения геологической или природной среды. При необходимости в таких случаях может проводиться ИГ рекогносцировка.

Если материалы изучены недостаточно для обоснования выбора площадки или трассы, следует проводить комплексную ИГ и ИГЭ съемку в соответствии с приложениями Я, 1 и 2 [1].

Границы съемки территорий следует устанавливать в соответствии с заданием на изыскания и с учетом сферы взаимодействия проектируемых объектов с природной средой.

#### 2.1.2. Объекты наблюдений при ИГИ

При инженерно-геологической съемке под точкой понимается:

- вскрытие грунтов или подземных вод;
- место описания форм и элементов рельефа;
- описание водотока, водоема или другого водного источника, место определения их характеристик;
- место геофизических работ и зондирования;
- место обследования основания здания или сооружения.

Виды и количество точек наблюдения, их расположение, глубину зондирования и др. следует устанавливать с учетом изученности территории, категории сложности ИГ условий, масштаба съемки, наличия водотоков и водоемов и других опасных геологических процессов.

Равномерное расположение точек исследований на местности не допускается. На сложных участках с разнообразным рельефом местности количество точек обследования увеличивается. Рекомендуемое среднее количество точек следует определять по данным [1] (приложение 1).

Оптимальные направления трасс большой протяженности указываются в задании на изыскания. Точки наблюдения по трассам следует размещать вдоль их осей, в местах переходов через водотоки, характерных элементах рельефа, с учетом особенностей ИГ и ИГЭ условий. Рекомендуемые значения

ширины полос трасс, глубины выработок и расстояния между ними следует определять по данным [1] (приложение 2).

На участках расположения специфических грунтов и развития опасных геологических процессов количество и глубину выработок следует обосновывать в программе изысканий, при этом предусматривать по 3-5 выработок на поперечниках.

### **2.1.3. Особенности изысканий для предпроектной документации**

Глубина зондирования и выработок при изысканиях для предпроектной документации должна обеспечивать изучение геологических условий и свойств грунтов в пределах предполагаемой сферы взаимодействия объекта с геологической средой.

Для ориентировочного определения объемов работ глубину зондирования и выработок допускается принимать по приложению 2 (таблица 2.1) с последующей их корректировкой.

Грунты в особых условиях необходимо испытывать зондированием и проходить выработки на полную их мощность или до глубины, ниже которой залегают прочные материковые породы. На участках развития опасных геологических процессов зондировать и проходить выработки следует на 3-5 м ниже зоны их активного проявления. Здесь же следует предусматривать прямое определение свойств грунтов лабораторными или полевыми методами.

Если на выбор проектных решений могут оказывать влияние гидрогеологические условия (ГГУ), то следует проводить следующие полевые опытно-фильтрационные работы:

- одиночные откачки из скважин и шурфов;
- наливы в скважины и шурфы;
- нагнетание воды или воздуха в скважины и др.

Из водоносных горизонтов следует отбирать не менее трех проб воды на химический анализ.

В процессе изысканий следует оборудовать сеть скважин для стационарных наблюдений за режимом и химическим составом подземных вод и сеть пунктов наблюдений за динамикой геологических процессов.

Стационарные наблюдения должны проводиться в период съемки и продолжаться в течение гидрологического года.

## **2.2. Изыскания для проекта (рабочего проекта)**

### **2.2.1. Общие положения при ИГИ**

Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать изучение выбранной площадки (трассы дороги) с детальностью, необходимой для составления генерального плана застройки, сравнения вариантов конструктивных решений проектируемых зданий или трасс дорог и прогноза возможных изменений ИГ и ИГЭ условий. Задание на изыскания должно содержать сведения о факторах, которые могут повлиять на изменение ИГ и ИГЭ условий при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

При одностадийном проектировании (рабочий проект) и отсутствии генерального плана объекта изыскания следует проводить как для проекта, а при наличии плана – как для рабочей документации.

### **2.2.2. Инженерно-геологическая съемка**

Комплексную ИГС площадки с предшествующей рекогносцировкой следует выполнять в масштабах 1:5000-1:2000, а полосы трасс линейных сооружений – 1:10000-1:5000.

Съемку в масштабах 1:2000-1:1000 допускается выполнять при изысканиях для объектов уникальных и 1 класса ответственности на территориях III категории сложности ИГУ.

Границы съемки, виды точек наблюдений, их расположение и глубину следует принимать по таблицам 1.1, 1.2.

На участках индивидуального проектирования сооружений по трассам ширина полосы съемки может быть принята более рекомендуемой строительными нормами [1].

### **2.2.3. Полевые и лабораторные исследования**

В состав полевых работ следует включать следующие виды инженерно-геологических изысканий [3, 4]:

- геофизические исследования;
- зондирование и пенетрационный каротаж;
- проходку выработок;
- штамповые и прессиометрические испытания;
- испытания вращательным срезом и др., а на участках зданий I и II класса ответственности и испытания на срез грунтов.

Зондирование и пенетрационный каротаж следует выполнять как в сочетании с выработками, так и в отдельных точках. При этом количество точек испытаний для каждого ИГЭ должно быть не менее 6.

Прямые определения прочностных и деформационных свойств грунтов полевыми методами необходимы для зданий I и II класса ответственности. Количество испытаний штампом и на срез целиков грунтов для каждого ИГЭ должно быть не менее 3, а испытания другими методами – не менее 6.

По трассам линейных сооружений методы исследований механических свойств грунтов должны быть обоснованы в программе изысканий. Штамповым испытаниям подвергаются, как правило, специфические грунты.

Виды лабораторных исследований должны устанавливаться программой изысканий и корректироваться в ходе работ с учетом требований [1]. Количество образцов грунтов должно обеспечивать определение нормативных и расчетных характеристик для каждого ИГЭ по результатам статистической обработки не менее чем 6 частных определений каждой характеристики.

### **2.2.4. Гидрогеологические исследования**

В соответствии с заданием на изыскания ГГИ необходимо выполнять в комплексе с другими видами работ для определения необходимых характеристик подземных вод. Опытнo-фильтрационные работы должны выполняться

при необходимости расчета дренажей, водопонизительных систем, водопротоков в строительные котлованы, тоннели и др. выработки.

Количество и виды опытов следует определять с учетом изученности территории, задач изысканий и изменчивости ГГУ. Пробные откачки следует выполнять в простых ГГУ. В сложных условиях допускается выполнять все виды откачек. При откачках любого вида обязательно гидрохимическое опробование. Количество проб зависит от задач изысканий и продолжительности откачки, но должно быть достаточным для характеристики водоносных горизонтов, как по площади, так и по глубине.

### **2.2.5. Стационарные наблюдения**

Стационарные наблюдения за поведением компонентов геологической и природной среды следует выполнять с целью получения количественных характеристик динамики процессов для их оценки и составления прогноза изменений ИГ и ИГЭ условий.

Наблюдения, начатые для изысканий для предпроектной документации, следует продолжать и при изысканиях для рабочей документации, в период строительства и при эксплуатации объекта.

Количество пунктов наблюдения, их глубину и расположение следует устанавливать в программе изысканий.

При изысканиях в сложных ИГ и ИГЭ условиях и решении особых задач следует выполнять моделирование, специальные исследования и работы в соответствии с заданием на изыскания.

## **2.3. Изыскания для рабочей документации**

### **2.3.1. Инженерно-геологические изыскания**

Инженерно-геологические исследования должны обеспечивать уточнение и дополнение имеющихся или получении новых материалов и данных, необходимых для разработки рабочей документации, корректировки или составления прогноза изменений ИГ и ИЭ условий при строительстве и эксплуатации объектов.

В задании на изыскания должны быть указаны данные о чувствительности проектируемых зданий к неравномерным осадкам, типах фундаментов, глубине заложения, глубине подвалов и др. особенности строящихся объектов.

На участках проектирования отдельных зданий необходимо выполнять ИГ разведку с детальностью, обеспечивающей выделение ИГЭ и установление нормативных и расчетных значений характеристик грунтов. Проведению основных работ должна, как правило, предшествовать рекогносцировка.

При отсутствии изысканий для предпроектной документации и проекта следует изучить материалы по природным условиям и, в необходимых случаях, выполнять инженерно-геологическую рекогносцировку, съемку и разведку.

### **2.3.2. Геофизические исследования и зондирование**

Данные исследования должны, как правило, проводиться перед проходкой выработок. Точки зондирования и выработки следует располагать по кон-

турам зданий или вдоль линии трассы, в местах резкого изменения нагрузок, глубины заложения фундаментов, значительного изменения свойств грунтов, высоты зданий и других характерных точках.

При изучении взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой геофизические исследования, зондирование, проходку выработок и другие работы следует выполнять пределами контуров проектируемых зданий и сооружений.

Для проектирования зданий на ленточных фундаментах или отдельных опорах расстояния между точками обязательного комплекса и отдельными точками зондирования должно устанавливаться по приложению 2 (таблица 2.1) с учетом изученности данной территории, сложности ИГ условий, класса ответственности и технических характеристик зданий и сооружений. Расположение точек испытаний грунтов, расстояние между ними и определение других границ ИГЭ устанавливаются специалистом, ведущим изыскания. Количество точек обязательного элементарного комплекса исследований в пределах каждого участка должно быть не менее 3. Глубина прохождения выработок и статического зондирования определяется по данным табл.1.2 (глава 1).

### ***2.3.3. Исследования для проектирования фундаментов мелко и глубоко заложения***

При проектировании фундаментов мелко заложения глубина зондирования и выработок должна быть рассчитана. При отсутствии данных для расчета глубину зондирования допускается принимать не менее 20 м. Количество точек обязательного элементарного комплекса для одного фундамента принимается по данным п. 2.2.2.

Для проектирования фундаментов глубоко заложения (свайных фундаментов) глубина изучения разреза определяется глубиной границы скальных или малосжимаемых грунтов. Характер рельефа кровли скальных или малосжимаемых грунтов следует устанавливать геофизическими методами в сочетании с зондированием.

При проектировании свайных фундаментов из висячих свай глубину зондирования следует принимать на 5 м больше глубины погружения свай. При нагрузке на куст висячих свай больше 3000 кН глубину зондирования следует принимать на 10 м больше глубины погружения свай.

Если в массиве скальных грунтов встречаются прослойки выветрелых пород или развит карст, то глубину выработок следует устанавливать с учетом ИГ условий.

### ***2.3.4. Исследования на участках ограждающих дамб и плотин***

На данных участках высотой 15-20 м выработки следует располагать по осям дамб через 50-100 м в зависимости от инженерно-геологических условий. В сложных условиях и при высоте дамб более 12 м следует дополнительно проходить на поперечниках через каждые 100-200 м, не менее чем по 3 выработки. В зависимости от характера инженерно-геологических и экологических условий расстояния между выработками и поперечниками трасс ли-

нейных сооружений могут быть сокращены в программе изысканий или специалистом, ведущим изыскания.

Глубину выработок следует принимать с учетом сферы взаимодействия дамб с геологической средой, но не менее полуторной высоты дамб. При необходимости фильтрационных потерь глубина выработок должна быть не менее двойной величины подпора у дамбы высотой до 20 м. В случае залегания водоупорных грунтов на меньшей глубине выработки следует проходить с заглублением в них на 3-5 м. Положение водоупорных слоев грунтов должно определяться геофизическими исследованиями.

## **2.4. Изыскания в период строительства**

### **2.4.1. Особенности изысканий**

Инженерно-геологические изыскания с геоэкологическими исследованиями в период строительства должны выполняться в следующих случаях:

- строительства в зонах социально-экологической напряженности или повышенного риска экологических конфликтов, сложных ИГ и ИГЭ условий;
- возведения повышенной ответственности и первого класса зданий и сооружений;
- краткосрочных стационарных наблюдений за режимом подземных вод и динамикой опасных геологических процессов;
- строительства на застроенных и застраиваемых территориях,
- необходимости уточнения геологического строения горных пород, свойств грунтов, гидрогеологических и других условий участков строительства и примыкающих территорий;
- преобразования свойств грунтов и горных пород, устройства искусственных оснований, а также во всех случаях, когда участие инженеров-геологов в обсуждении вопросов, возникающих в ходе строительства, будут полезны.

### **2.4.2. Виды работ**

В зависимости от условий по п. 2.4.1 и задач изыскания на этой стадии могут включать следующие виды работ или их комплексы:

- обследование котлованов, траншей, шурфов и др. выработок для установления соответствия вскрытого геологического разреза и ГГУ принятым в проекте по материалам изысканий;
- ИГ документацию котлованов и других строительных выработок; дополнительные геофизические исследования, зондирование, проходку выработок, отбор образцов грунта и проб воды для уточнения особенностей геологического разреза ИГ и ИГЭ условий, свойств грунтов в местах заложения фундаментов;
- определение возможных изменений несущих показателей грунтов оснований в длительно стоящих котлованах;
- контроль хода строительного водопонижения, контроль уплотнения и закрепления грунтов с определением их механических, прочностных и деформативных показателей после преобразования, наблюдения за опытным

намывом и отсыпкой дамб, а также при необходимости – дополнительные испытания грунтов сваями.

Для современного выявления неблагоприятных изменений ИГ и ИГЭ условий территории самого объекта следует планировать прогнозирование изменения геологических условий во времени и пространстве, разработки и контроля эффективности инженерной защиты территорий и охраны природной среды, т.е.:

- изучать изменения природной среды в процессе строительства;
- продолжать или организовать стационарные наблюдения за режимом и динамикой подземных вод, динамикой опасных геологических процессов, деформациями грунтовых оснований, особенностями конструкций строящихся зданий и сооружений, работой инженерной защиты и др.

### **2.5. Изыскания по окончании строительства**

Инженерно-геологические с геоэкологическими исследованиями по окончании строительства должны предусматриваться в проекте и выполняться в момент его завершения при эксплуатации объекта. Перед сдачей объекта в эксплуатацию необходимо сопоставить проектные решения с результатами их реализации по материалам изысканий для оценки соответствия ИГ и ИГЭ условий прогнозировавшимся и принятия решений о необходимости, характере и периоде мониторинга при эксплуатации. Все виды работ устанавливаются соответствующей программой изысканий.

В зависимости от инженерно-геологических и ИГЭ или природных условий, характера и активности опасных геологических процессов при эксплуатации объекта в мониторинг могут включаться отдельные процессы или их комплексы.

### **2.6. Дополнительные требования к изысканиям при реконструкции зданий и сооружений**

При изысканиях для реконструкции и технического перевооружения строительных объектов должны быть получены следующие материалы и данные для:

- 1) оценки ИГ и ИГЭ или природных условий с учетом изменений за период строительства и эксплуатации;
- 2) расчета грунтовых оснований с учетом влияния сооружаемых;
- 3) усиливаемых или дополнительно нагруженных фундаментов на основания существующих;
- 4) прогнозирования изменения геологической или природной среды.

Совместно с представителями проектной и эксплуатирующей организаций необходимо устанавливать: наличие, характер и причины деформаций зданий и сооружений, работы дренажей, дефекты вертикальной и горизонтальной планировки и другие факторы, обуславливающие изменение геологической среды или являющиеся их следствием.

Задание на изыскание должно содержать данные о существующих конструкциях, нагрузках на фундаменты, условия эксплуатации зданий и сооруже-

ний, сведения об авариях, проводившихся реконструкциях и предстоящих изменениях. К заданию должны быть приложены чертежи фундаментов и несущих конструкций.

Изыскания следует проводить с учетом сферы новых техногенных воздействий на геологическую среду. Для выявления изменений рельефа и геологического строения необходимо сопоставлять топографические планы составленные до начала строительства и на момент изысканий, использовать материалы по инженерной подготовке, закладке инженерных коммуникаций и др. работ.

При изысканиях на территориях промышленных предприятий следует учитывать техногенные изменения уровня режима и коррозионной агрессивности подземных вод и грунтов, прочностные и деформационные свойства грунтов и их возможное загрязнение.

Основания зданий и сооружений необходимо исследовать прежде всего у характерных сечений, в местах резкого изменения высоты зданий или нагрузок. Состояние вскрытых фундаментов должен определять представитель заказчика. Следует учитывать, что в зависимости от характера и интенсивности воздействий в пределах ранее выделенных ИГЭ могут формироваться новые. Нормативные и расчетные значения грунтов и горных пород следует приводить раздельно – как под фундаментами, так и за пределами зон их влияния.

При проведении работ не следует допускать нарушения состояния грунтов оснований за пределами выработок. Восстановление покрытий, гидроизоляции, защитных слоев и других элементов по окончании изысканий должно быть организовано заказчиком.

## **2.7. Дополнительные требования к изысканиям в районах распространения специфических грунтов**

### **2.7.1. Элювиальные грунты**

К элювиальным относятся грунты без жестких структурных связей, образовавшиеся в результате выветривания скальных или нескальных горных пород.

В профиле коры выветривания скальных грунтов следует выделять дисперсную, обломочную и трещиноватую зоны.

В профиле коры выветривания нескальных грунтов – ледниковых, озерно-ледниковых, озерных и других пылевато-глинистых и карбонатных – следует выделять элювиальные грунты верхней и переходной зон.

Особое внимание следует уделять установлению и изучению верхней зоны, грунты которой, сохраняя признаки типа, отличаются от грунтов нижней, неветрелой зоны обычно худшими физическими свойствами, меньшей прочностью и большей сжимаемостью. Грунтам переходной зоны свойственны промежуточные значения характеристик. В пределах зон могут выделяться горизонты, различающиеся прежде всего по прочности и сжимаемости. Характер границ между зонами различен – от резких изменений до постепенных переходов.

В пределах предполагаемой сферы взаимодействия объектов с геологической средой вертикальную зональность пылевато-глинистых и карбонатных грунтов следует выявлять при любой глубине залегания их кровли и мощности.

Зоны коры выветривания нескальных грунтов и дисперсную скальных следует выделять по результатам комплексных исследований, прежде всего зондирования и геофизических. Выделение зон только по физическим свойствам грунтов не допускается.

При изысканиях для предпроектной документации необходимо устанавливать распространение, условия залегания, мощность, типы, виды, разновидности и свойства элювиальных грунтов. При значительной изменчивости этих показателей инженерно-геологическую съёмку следует выполнять в масштабах 1:10000-1:5000. При изысканиях для проекта ИГ съёмку следует выполнять в масштабах 1:5000-1:1000.

При изысканиях для рабочей документации на участках отдельных зданий и сооружений для скальных грунтов необходимо дополнительно устанавливать и состав материнских грунтов, элементы простираения и падения, наличие прослоев, карманов, гнезд других грунтов, морфологические особенности, состав и количество обломочных включений.

На участках зданий и сооружений I и II класса ответственности прочностные и деформационные характеристики грунтов дисперсной и обломочной зон выветривания следует определять преимущественно полевыми и лабораторными методами. Для установления разреза и отбора монолитов элювиальных грунтов часть выработок могут составлять шурфы или дудки.

### **2.7.2. Слабые грунты**

К слабым следует относить грунты различного возраста, происхождения и вещественного состава, малопрочные и сильносжимаемые с низкими значениями сопротивления зондированию: ил, сапропель, торф, грунты заторфованные, текучепластичные и текучие пылевато-глинистые, карбонатные.

Изыскания на территориях распространения слабых грунтов должны выполняться с учётом их состава, состояния и свойств:

- высокой пористости и влажности;
- малой прочности, сильной сжимаемости, длительной консолидации при уплотнении и падения прочности при ползучести;
- значительной изменчивости состава, состояния и свойств по площади и глубине при анизотропии прочностных и деформационных характеристик;
- усадки с образованием трещин при высыхании;
- чувствительности к динамическим воздействиям;
- неустойчивости органического вещества в зоне аэрации;
- часто повышенной коррозионной агрессивности грунтов и подземных вод к бетонам и металлам.

Материалы изысканий должны обеспечивать выбор типа оснований с оценкой целесообразности сохранения слабых грунтов, как элементов оснований или необходимости их удаления.

При изысканиях для предпроектной документации на участках распространения слабых грунтов инженерно-геологическую съёмку следует выполнять в масштабах 1:10000-1:5000 с использованием материалов аэрокосмических съёмок и геофизических исследований, зондирования и вращательного среза.

При изысканиях для проекта инженерно-геологическую съёмку следует выполнять в масштабах 1:2000-1:1000 со стационарными наблюдениями, с определением свойств слабых грунтов в процессе их уплотнения насыпями при строительстве и эксплуатации объектов. Дополнительно к общим требованиям следует устанавливать тип болот, источники их питания, наличие родников, озёр и сплавин. Гранулометрический состав ила и сапропеля, ботанический состав торфа, показатели консолидации и ползучести и другие определяются по специальному заданию.

При изысканиях для рабочей документации следует устанавливать нормативные и расчётные значения прочностных, деформационных и других необходимых характеристик грунтов с учётом возможного их уплотнения.

### **2.7.3. Искусственные грунты**

При использовании искусственных грунтов в качестве оснований зданий и сооружений, а также трасс автомобильных дорог, задание на изыскания должно содержать: сведения о способе и возрасте образования грунтов, технологии их намыва и отсыпки. Изыскания при исследовании свойств искусственных грунтов следует выполнять с учетом неоднородности их состава и способов устройства.

На территориях распространения слабых биогенных и озерных грунтов следует выполнять изыскания, как правило, до и после намыва или подсыпки грунтов с целью установления исходных инженерно-геологических условий и последующих их изменений.

При изысканиях для предпроектной документации необходимо устанавливать распространение, условия залегания, мощность, состав и свойства искусственных грунтов, изменчивость их физико-механических свойств во времени и пространстве.

При изысканиях для проекта следует дополнительно определять степень уплотнения и изменения свойств грунтов во времени, для чего проводить стационарные наблюдения на специально оборудованных опытных участках.

При изысканиях для рабочей документации на участках проектируемых зданий и сооружений необходимо уточнять физико-механические свойства грунтов с учетом их возможных изменений в период строительства и эксплуатации объектов.

При изысканиях для предпроектной документации на участках распространения искусственных грунтов ИГС следует выполнять в масштабах 1:10000-1:5000, а для проекта – в масштабах 1:2000-1:1000.

При изысканиях для рабочей документации следует выполнять инженерно-геологическую разведку с определением нормативных и расчётных значе-

ний прочностных, деформационных и других необходимых характеристик искусственных грунтов.

Глубину исследований необходимо принимать большей полной мощности искусственных грунтов. Заглубление в подстилающие природные грунты определяется в зависимости от величины сжимаемой толщи. Если подстилающие грунты относятся к слабым, глубину исследований необходимо устанавливать в соответствии с [1].

Особенности строения толщ искусственных грунтов, пространственную изменчивость их состава и свойств следует изучать, как правило, полевыми методами, по результатам которых определяются значения нормативных и расчетных характеристик грунтов.

#### **2.7.4. Просадочные грунты**

При изысканиях в районах распространения просадочных лессовидных грунтов должны быть дополнительно установлены:

- распространение просадочных грунтов и специфических форм рельефа;
- просадочные свойства грунтов, мощность просадочной толщи, тип грунтовых условий по просадочности;
- наличие и распространение погребенных почв, карбонатных и гипсовых образований, кротовин;
- наличие и источники древнего или современного замачивания грунтов, характер имеющихся деформаций зданий и сооружений, а также учтены результаты исследований просадочных свойств грунтов и опытного замачивания на площадках с аналогичными условиями.

При изысканиях для предпроектной документации следует проводить инженерно-геологическую съемку в масштабах 1:10000-1:5000.

Просадочные свойства грунтов от собственного веса и дополнительных нагрузок, начальные просадочные давление и влажность следует устанавливать лабораторными испытаниями.

При изысканиях для проекта и рабочей документации задание на изыскания должно содержать сведения об особенностях проектных решений оснований и фундаментов и предполагаемых противо-просадочных мероприятиях.

При изысканиях для проекта следует проводить инженерно-геологическую съемку в масштабах 1:2000-1:1000 и дополнительно устанавливать:

- характер микрорельефа и развитие просадочных явлений; изменение мощности лессовидных отложений и просадочной толщи; а также структурно-текстурные особенности просадочных грунтов;
- возможную цикличность строения просадочной толщи, особенности контактов между слоями и их комплексами, изменение природной влажности и границ пластичности грунтов по глубине;
- фильтрационные свойства просадочных грунтов, просадку грунта от собственного веса и тип грунтовых условий по просадочности;
- нормативные и расчетные значения характеристик просадочности, прочностных и деформационных характеристик просадочных грунтов природ-

ной влажности и в водонасыщенном состоянии по инженерно-геологическим элементам;

- глубину залегания, типы, виды и разновидности подстилающих непросадочных грунтов, а также их фильтрационные свойства (по специальному заданию).

Выработки должны располагаться с учетом отображения на инженерно-геологических разрезах каждого геоморфологического элемента, просадочных блюдечек и участков между ними, суффозионных воронок, псевдокарста и других характерных особенностей грунтов.

Выработки следует проходить "всухую". Часть выработок должны составлять шурфы (дудки) для отбора монолитов просадочных грунтов – не менее шести для каждого инженерно-геологического элемента.

При лабораторных исследованиях состава и свойств просадочных грунтов определяются относительная просадочность при давлении от собственного веса грунта и суммарного давления.

При установлении типа грунтовых условий по просадочности по результатам лабораторных испытаний необходимо использовать определения относительной просадочности при давлении от собственного веса грунта по монолитам из шурфов.

Опытное замачивание котлованов следует производить, как правило, при II типе грунтовых условий по просадочности на новых площадках массовой застройки по специальной программе.

Испытания грунтов штампом с замачиванием следует выполнять для определения модуля деформации, начального просадочного давления и относительной просадочности. При изысканиях для зданий и сооружений первого класса ответственности для уточнения модуля деформации грунтов природной влажности и в водонасыщенном состоянии, относительной просадочности и начального просадочного давления, определенных лабораторными исследованиями, должны проводиться испытания штампом площадью не менее  $0,5 \text{ м}^2$  в шурфах.

Изыскания на застроенных территориях следует проводить с учетом изменений ИГ и ИГЭ условий за период строительства зданий и сооружений и во время проведения изысканий. При изысканиях в период строительства необходимо контролировать уплотнение и закрепление просадочных грунтов, определять их природную и оптимальную влажность, плотность и начальное просадочное давление по глубине основания.

## ГЛАВА 3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗЫСКАНИЯМ В РАЙОНАХ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

К опасным геологическим процессам следует относить те, которые оказывают отрицательное воздействие на территории, техногенные объекты и условия жизнедеятельности.

В нормах [1] рассматриваются проявляющиеся на отдельных участках территории Беларуси склоновые процессы, карст, переработка берегов водохранилищ, озер и рек. Оседания земной поверхности, связанные с подработкой территорий или понижением уровней подземных вод, а также подтопление территорий при повышении уровней подземных вод до критических значений следует изучать с учетом требований соответствующих нормативных документов.

### 3.1. Склоновые процессы

К склоновым процессам следует относить оползневые, обвальные, обвально-оползневые и солифлюкционные.

При изучении склоновых процессов следует дополнительно устанавливать:

- историю формирования, возраст и генезис склонов, их морфо-логические элементы, размеры, углы наклона таких элементов и их геометрическое положение;

- для оползневых и обвалоопасных склонов – условия развития в массиве грунтов поверхностей и зон ослабления (в том числе поверхностей активных оползней), физико-механические, прежде всего прочностные, свойства грунтов по этим поверхностям и в зонах, условия поверхностного стока и инфильтрации атмосферных осадков;

- для солифлюкционных склонов – особенности залегания, состава, состояния и свойств пылеватоглинистых грунтов с динамикой влажности;

- условия залегания, типы и виды грунтов, их структурно-текстурные особенности с оценкой влияния на развитие и распространение склоновых процессов;

- современные тектонические движения и сейсмичность;

- влияние подземных вод на развитие склоновых процессов;

- особенности и интенсивность выветривания, эрозии, переработки берегов и других геологических процессов;

- типы оползней по механизму смещения: сдвига, выдавливания, вязкопластические, гидродинамического разрушения, внезапного разжижения, сложного механизма;

- типы обвальных явлений: обвалы, вывалы, осыпи;

- размеры смещений по площади, глубину захвата склона, базис смещений, возраст оползневых и солифлюкционных накоплений и их зависимость от геологического строения, типов, видов и разновидностей грунтов, гидрогеологических условий;

- положительный и отрицательный опыт инженерной защиты на исследуемом участке или в аналогичных инженерно-геологических условиях.

В результате изысканий должно быть выполнено ИГ районирование по опасности возникновения склоновых процессов и особенностям их развития, дана оценка устойчивости склонов и ожидаемых ее изменений с указанием возможных процессов, их местоположения, размеров и косвенных размеров проявления.

### 3.2. Особенности изысканий при наличии склоновых процессов

На оползневых и обвальных склонах изыскания должны проводиться на всем их протяжении, в том числе и в случаях, когда территория проектируемого объекта занимает часть склона.

При изысканиях для предпроектной документации, в случае необходимости, инженерно-геологическую съемку следует выполнять в масштабах 1:5000-1:2000. При этом необходимо устанавливать:

- 1) площадь и глубину захвата склонов процессами, их динамику в зависимости от особенностей геологического строения;
- 2) режима подземных и поверхностных вод;
- 3) возможность нарушения устойчивости склонов и степень опасности процессов для объектов строительства;
- 4) эффективность существующей инженерной защиты непосредственно на площадке изысканий и в аналогичных условиях.

При изысканиях для проекта инженерно-геологическую съемку следует выполнять в масштабах 1:2000-1:1000, а для зданий и сооружений I и, как правило, II класса ответственности проводить стационарные наблюдения за развитием склоновых процессов, факторами, способствующими их формированию, состоянием и работой сооружений инженерной защиты. При этом необходимо устанавливать:

- 1) количественную характеристику факторов, определяющих устойчивость склонов, включая очертания поверхностей и скорость смещения масс;
- 2) оценивать устойчивость склонов в природных условиях, а также в процессе строительства и эксплуатации объекта;
- 3) проводить рекомендации инженерно-геологического характера по инженерной защите.

При изысканиях для рабочей документации следует уточнять инженерно-геологические и гидрогеологические условия и дать оценку развития склоновых процессов и явлений с детальностью, необходимой и достаточной для обоснования расчетов устойчивости склонов, инженерной защиты.

### 3.3. Карст

При инженерно-геологических изысканиях в районах развития карста необходимо дополнительно устанавливать:

- 1) геологические, гидрогеологические и геоморфологические условия его развития;
- 2) распространение, характер и интенсивность проявления, историю и закономерности развития, степень закарстованности;
- 3) устойчивость территории относительно карстовых оседаний и возможных провалов;
- 4) особенности физико-механических свойств грунтов и гидро-геологических условий, связанные с карстом;
- 5) развитие карста под влиянием природных и техногенных факторов в период строительства и эксплуатации объектов. В отчетах следует приводить рекомендации инженерно-геологического характера по рациональному использованию территории и противокарстовым мероприятиям.

При районировании территорий следует выделять три вида карста:

- 1) карбонатный (известняк, мел, доломит и др.);

- 2) сульфатный (гипс, ангидрит);
- 3) соляной (каменная и калийная соли).

При этом необходимо устанавливать категории устойчивости территорий относительно карстовых провалов в соответствии с приложением 6 [1].

При изысканиях для предпроектной документации следует проводить инженерно-геологическую съемку в масштабах 1:10 000-1:5000 с использованием материалов аэрокосмических съемок, геофизическими исследованиями, маршрутными наблюдениями с карстологическим обследованием в сочетании с другими видами работ на застраиваемой территории.

При этом следует устанавливать:

- 1) наличие провалов;
- 2) оседаний воронок и других проявлений карста на поверхности;
- 3) условия залегания карстующихся грунтов, степень и границы их закарстованности;
- 4) гидрогеологические условия развития карста, а также предварительно оценивать развитие карста и его опасность для проектируемого строительства.

При изысканиях для проекта следует проводить инженерно-геологическую съемку в масштабах 1:2000-1:1000 и устанавливать:

- условия залегания, минералогический и литоло-петрографический состав карстующихся грунтов;
- наличие древних погребенных долин;
- структурно-тектонические условия;
- трещиноватость карстующихся, покрывающих и подстилающих грунтов;
- гидрогеологические условия покрывающих, карстующихся и подстилающих отложений;
- подземные проявления карста (расширенные растворением трещины, каверны, полости и их размеры по выработкам, зоны разрушения и разуплотнения в карстующихся и покрывающих грунтах, сдвигения и обрушения над карстовыми полостями и упомянутыми зонами, степень и состав заполнителя полостей и другие проявления, которые следует отражать на карте подземной закарстованности);
- проявления карста на земной поверхности (карры, воронки, провалы, сложные карстово-эрозионные впадины – котловины, овраги и др., мульды оседания, выходы карстовых пустот в обнажениях и др.), связанные с ними деформации зданий и сооружений, которые следует отражать на карте проявлений карста на дневной поверхности;
- опыт строительства и эксплуатации зданий и сооружений и применения противокарстовых мероприятий;
- влияние на активизацию карста при строительстве и эксплуатации объектов.

При изысканиях для рабочей документации следует уточнять:

- степень и характер закарстованности;
- инженерно-геологические условия развития карста на участках проектируемых отдельных зданий и сооружений;
- оценку устойчивости участков;
- предыдущие рекомендации по противокарстовым мероприятиям и исходные данные для их проектирования.

Состав работ, направления маршрутов, расположение точек исследований, конструкции скважин, технология бурения и другие особенности работ устанавливаются программой изысканий и корректируются в их ходе.

На территории интенсивного проявления карста скважины следует проходить через всю зону его активного развития и заглубляться не менее чем на 5 м в подстилающие незакарстованные грунты.

Гидрогеологические условия на строительной площадке следует изучать с проведением геофизических и опытно-фильтрационных работ.

Необходимость стационарных наблюдений за режимом подземных вод и развитием карста на земной поверхности устанавливается программой изысканий.

### **3.4. Переработка берегов водохранилищ, озер и рек**

При изучении процессов переработки берегов водоемов и водотоков инженерно-геологические изыскания должны выполняться в комплексе с инженерно-гидрометеорологическими изысканиями.

При изысканиях для предпроектной документации следует выполнять инженерно-геологическую съемку в масштабах:

- 1) на проектируемых водохранилищах – 1:10 000-1:5000;
- 2) на озерах, реках, водоемах и эксплуатируемых водохранилищах – 1:5000-1:2000;
- 3) на прилегающих побережьях – 1:50 000-1:25 000.

В подготовительный период и в ходе изысканий необходимо собирать опубликованные и архивные материалы ранее выполненных изысканий и исследований по переработке берегов и их инженерной защиты.

Инженерно-геологическая съемка на площадке проектируемого строительства и побережья проводится в пределах зоны возможных деформаций в границах 2-10 км вдоль берега в обе стороны от изучаемой строительной площадки с захватом на реках, как правило, двух излучин – вверх и вниз по течению.

При изысканиях для проекта инженерно-геологическую съемку следует выполнять в масштабах 1:2000-1:1000 – на площадке и ключевых участках побережья, 1:25 000-1:10 000 – на прилегающем побережье. Съемка должна охватывать площадку и примыкающую к ней прибрежную территорию в зоне воздействия водного объекта и сооружений инженерной защиты на развитие процессов переработки берегов в границах (радиусе) 1-2 км от площадки и (или) с захватом на реках, как правило, одной излучины вверх и вниз по течению. При этом следует устанавливать количественную характеристику переработки берегов, интенсивность переработки в пространстве и во времени в ненарушенных природных условиях, а также при строительстве и эксплуатации объекта.

При изысканиях для рабочей документации должны уточняться полученные ранее данные, включая оценку и параметры процессов переработки берегов, необходимые для расчетов сооружений и принятия окончательных проектных решений по инженерной защите.

## ГЛАВА 4. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

### 4.1. Общие требования

Инженерно-гидрометеорологические изыскания (ИГМИ) должны обеспечить изучение гидрометеорологических условий района (площадки, участка трассы) с целью получения материалов и данных, необходимых для обоснования возможности размещения объектов, решения задач их проектирования, строительства и эксплуатации, составления прогноза изменения гидрометеорологических условий, а также организации водоснабжения, выпусков сточных вод, удовлетворения запросов гидроэнергетики и водного транспорта. При изучении опасных геологических и метеорологических процессов дать оценку влияния мелиоративного строительство на прилегающие территории, решить вопросы охраны водной и воздушной среды и др.

При изысканиях изучают гидрологические условия (режима рек и других водотоков, водохранилищ, озёр, болот, устьевых участков рек), климатические условия, гидрометеорологические процессы и явления с применением методов наблюдений, установленных нормативными документами.

В соответствии с заданием (приложение 2 п. 2.2) в состав работ ИГМИ входят:

- 1) сбор и анализ данных по режиму водных объектов и климату района;
- 2) рекогносцировка района изысканий;
- 3) наблюдения за режимом водных объектов и метеорологических элементов;
- 4) изучение гидрометеорологических процессов и явлений;
- 5) определение нормативных и расчётных характеристик гидрометеорологического режима.

Программа изысканий составляется с учётом перечня необходимых расчётных и нормативных гидрометеорологических характеристик, изученности гидрологических и климатических условий объекта. При наличии на изучаемой территории опасных гидрометеорологических процессов в программе изысканий необходимо дополнительно устанавливать виды работ для их изучения.

Особое внимание следует уделять выявлению экстремальных значений гидрометеорологических характеристик (уровней рек и озёр, расходов воды рек, параметра ветра, осадков и др.)

### 4.2. Состав работ инженерно-гидрометеорологических изысканий

Состав работ и методы получения гидрометеорологических характеристик данного района строительства устанавливаются в зависимости от степени изученности территории и класса ответственности сооружения в соответствии с приложением 8 [1].

Сбору и анализу подлежат материалы гидрометеорологических наблюдений, сведения об экстремальных значениях гидрометеорологических характеристик, воздействии природных условий на эксплуатируемые сооружения и влиянии сооружений на гидрометеорологический режим.

Наряду с опубликованными фондовыми и архивными источниками информации о режиме водных объектов и климате следует использовать показания старожилов о наблюдавшихся гидрометеорологических явлениях с экстре-

мальными характеристиками, использовать данные организаций, эксплуатирующих сооружения, связанных с неблагоприятными гидрометеорологическими природными условиями.

Имеющиеся для района изысканий материалы гидрометеорологических наблюдений используются для предварительной оценки гидрологических и климатических условий и выбора репрезентативного поста (станции) с длительным периодом наблюдений.

Степень изученности территории следует устанавливать с учётом репрезентативности гидрометеорологических постов (станций), расположенных в районе строительства зданий и сооружений или трасс автомобильных дорог, в соответствии с приложением 9 [1].

При определении репрезентативности гидрометеорологических станций и постов на побережье озёр и водохранилищ следует учитывать ориентацию берега относительно преобладающего ветра, расчленённой береговой линии и глубину вреза в сушу рассматриваемого водоёма, гидрографическую характеристику прибрежной части водоёма, наличие островов или искусственных сооружений на акватории и прибрежной зоне.

Объёмы работ устанавливаются программой изысканий с учётом типа и компоновки проектируемых сооружений, изученности строительной территории, продолжительности стационарных наблюдений и состава изучаемых элементов режима, потребности выполнения гидрометрических и геоморфометрических измерений и др.

Число пунктов наблюдений следует устанавливать с учётом требований к достоверности расчётных характеристик, исходя из протяжённости изучаемой территории, условий формирования гидрологического режима и климатических особенностей, пространственной изменчивости изучаемых характеристик, компоновки проектируемых сооружений.

Продолжительность наблюдений определяется временем, необходимым для установления корреляционных связей изучаемых характеристик. В зависимости от вида изучаемой характеристики продолжительность наблюдений должна быть не менее указанной в приложении 10 [1].

В качестве критерия при назначении величины расчётной характеристики принимается ежегодная вероятность превышения этой величины, а для процессов – прогнозное их развитие к концу расчётного периода.

Значения расчётных характеристик следует определять с вероятностью, устанавливаемой нормативными документами для видов сооружений с учётом их класса ответственности и стадии проектирования.

По результатам изысканий составляется отчёт в соответствии с приложением 2, п. 2.3.

### **4.3. Объём изысканий для предпроектной документации**

Изыскания на стадии проектной документации (для разработки схемы комплексного использования водных ресурсов) должны обеспечивать получение материалов и данных, позволяющих с необходимой полнотой оценить гидрологические характеристики водных объектов, намечаемых для их использования.

Заключение о режиме водных объектов составляется по материалам изученности, дополняемым результатами рекогносцировки.

Изыскания для рабочей документации должны проводиться для уточнения расчётных характеристик с целью повышения достоверности их оценки при недостаточной продолжительности периода наблюдений на предшествующих стадиях изысканий и при необходимости контроля за развитием гидрометеорологических процессов или за водными объектами со сложным режимом, достоверная оценка которых требует проведения наблюдений в течение длительного периода.

Изыскания для предпроектной документации должны обеспечивать получение материалов и данных для оценки и сопоставления условий, обоснования выбора оптимального варианта пункта (площадки, участка, трассы) и основных параметров сооружений, определения инженерно-гидрометеорологических условий их эксплуатации с оценкой возможности воздействия на объект опасных гидрометеорологических процессов и рекомендациями по инженерной защите.

Для каждого варианта размещения объекта при необходимости следует предусматривать наблюдения за климатическими условиями, режимом водных объектов, а также развитием гидрометеорологических процессов. Состав гидрометеорологических характеристик площадки строительства приведен в приложении 12 [1].

Заключения по изысканиям для предпроектной документации допускаются составлять на основе материалов изученности и результатов рекогносцировки для сооружений III класса ответственности, площадок строительства, расположенных в пределах изученной территории, и сооружений, на которые гидрологические и климатические условия не оказывают существенного влияния. В остальных случаях исходные данные должны быть получены при изысканиях с изучением гидрологического режима (климатических условий) района строительства, включая специальные работы и исследования.

#### **4.4. Изыскания для рабочего проекта**

Изыскания для проекта (рабочего проекта) проводятся для изучения или уточнения инженерно-гидрометеорологических условий территории и повышения достоверности определения расчётных характеристик гидрологического режима и климатических условий, установленных при изысканиях для предпроектной документации, на основе гидрометеорологических наблюдений, выполняемых на открытых для этой цели постах. При строительстве сооружений I и II класса ответственности в составе постов (станций) должен предусматриваться, как правило, один опорный пункт, репрезентативный по фоновым характеристикам режима изучаемой территории, наблюдения на котором должны проводиться на всех стадиях изысканий.

Изыскания для рабочего проекта проводятся, как правило, для отдельных зданий и сооружений и в случаях, когда инженерно-гидрометеорологические условия не оказывают определённого влияния на выбор площадки строительства и условия эксплуатации сооружения. При необходимости длительного изу-

чения гидрологического режима или климатических условий в составе работ следует предусматривать наблюдения, продолжительность которых должна рассчитываться по разделу 5.2.

Изыскания для обоснования инженерной защиты от опасных гидрометеорологических процессов должны включать организацию и проведение наблюдений за режимом водного объекта и метеорологических условий, изучение динамики процессов; морфометрические, гидрометрические и другие виды эпизодических измерений, связанных с изучением гидрометеорологических процессов.

Изыскания для обоснования проекта хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения должны удовлетворять требованиям нормативных документов по проектированию источников водоснабжения и условиям расположения водозаборных сооружений.

На участках, перспективных для организации водозабора, следует проводить наблюдения за гидрологическим режимом в течение, как правило, гидрологического года. Перечень характеристик водозаборов приведен в приложении 13 [1]. По результатам изысканий должна быть дана детальная оценка источника водоснабжения и гидрологических условий строительства и эксплуатации водозаборных сооружений.

Изыскания для проекта организации выпусков сточных вод должны обеспечивать получение исходных данных для выбора водного объекта и, при необходимости, места размещения очистных сооружений, створа и типа конструкций выпусков с учётом требований к охране окружающей среды, разработки инженерной защиты. Расчётные гидрологические характеристики указаны в приложении 13 [1].

#### **4.5. Изыскания для трасс линейных сооружений**

Изыскания для трасс линейных сооружений должны обеспечивать оценку климатических условий полосы трассы и выбор участков перехода трассы через водные объекты. Для участков перехода через большие или сложные водные объекты с целью получения необходимых данных следует предусматривать дополнительные работы.

При изысканиях для линейных сооружений в дополнение к 5.2 следует учитывать вид линейных сооружений, размер и характеристику режима водного объекта в местах перехода, возможность проявления опасных гидрометеорологических процессов, их вида и ожидаемого воздействия на сооружение.

Гидрометеорологические характеристики по трассам автомобильных и железных дорог указаны в приложении 14 [1].

Состав работ при переходах через водные объекты трасс воздушных ЛЭП следует определять с учётом группы сложности перехода в соответствии с приложением 15[1].

Изучение гидрологического режима и определение расчётных характеристик следует предусматривать в составе работ лишь для переходов трассы ЛЭП при I и II группе сложности, для которых изыскания должны проводиться по программе. Для перехода через водные объекты I группы следует устанавливать лишь их количество и морфометрические характеристики дна долины, учитываемые при расстановке опор ЛЭП.

При изысканиях для магистральных трубопроводов состав работ следует определять с учётом способа прокладки при переходе через водные объекты и их сложности по условиям пересечения в соответствии с приложением 17 [1]. Гидрометеорологические характеристики указаны в приложении 18 [1].

При изысканиях для выбора направления трассы магистральных трубопроводов в качестве исходных данных для каждого из вариантов её проложения должны быть установлены: местоположение, общее число и гидрологические условия больших и средних переходов и климатические условия в полосе трассы.

Для малых переходов следует учитывать только их общее количество, определяемое приблизительно по характерным участкам. Климатические условия трассы, выбор мест размещения и гидрологические условия больших и средних переходов следует определять приблизительно с учётом изученности территории. При недостаточной изученности должно быть предусмотрено наземное обследование участков больших и средних переходов, а для малых переходов – участков трассы в районах с развитой овражно-балочной сетью.

При изысканиях на выбранном направлении трассы предварительная оценка гидрологических условий по результатам предшествующих работ для участков больших и средних переходов должна быть уточнена на основе наблюдений за режимом водных объектов и их детального обследования, для малых переходов – по данным изученности территории строительства.

При большом числе малых переходов, располагаемых в зоне интенсивной овражно-балочной сети или в других неблагоприятных условиях, оценку их гидрологических условий допускается выполнять на основе организуемых наблюдений на эталонных участках с изучением стока и вводно-эрозионной деятельности.

#### **4.6. Изыскания для реконструкции и технического перевооружения объектов**

Данные изыскания должны обеспечивать получение следующих исходных данных:

1) о режиме водного объекта и климатических условиях, сложившихся в процессе эксплуатации объекта;

2) оценку изменений установленных предшествующими изысканиями характеристик гидрологического режима и климатических условий, связанных со строительством и эксплуатацией объекта, и их сопоставлением с ранее выполненным прогнозом;

3) определение расчётных гидрологических и метеорологических характеристик для разработки проекта реконструкции, включая мероприятия по охране окружающей среды.

При изысканиях для реконструкции должны быть собраны материалы ранее выполненных изысканий, по гидрологическому режиму изучаемого водного объекта, а также по постам-аналогам за период эксплуатации сооружений, о неблагоприятных воздействиях реконструируемых сооружений на качество и режим водных объектов, и фауну, фауну и воздушный бассейн. В необходимых случаях следует проводить гидрологические наблюдения и изучать климатические условия.

Наблюдения за режимом водных объектов, изучение климатических условий и гидрометеорологических процессов должны предусматриваться в случаях, когда:

- в результате предварительной оценки установлено отличие принятых для обоснования проектов расчётных гидрологических характеристик, климатических условий и других характерных факторов от их реальных значений;
- при эксплуатации объекта установлены неблагоприятные гидро-метеорологические воздействия на сооружения, не учтенные при разработке их проектов;
- необходима разработка проекта инженерной защиты объекта;
- предотвращение неблагоприятного воздействия объекта на окружающую среду;
- реконструкция объекта предусматривает промышленное или хозяйственное освоение новой территории, увеличение водоотбора или изыскания новых источников водоснабжения, увеличение выпусков промышленных стоков и другие хозяйственные мероприятия, проекты которых вызывают необходимость как гидрометеорологического, так и геоэкологического обоснования.

При организации наблюдений в состав гидрологической (метеорологической) сети должны быть включены посты, действовавшие при проведении предыдущих гидрометеорологических изысканий, которые следует принимать в качестве опорных при определении изменений в режиме существующего водного объекта или измененных на данный момент климатических условий.

Вновь организуемые стационарные посты на данном строительном объекте следует размещать исходя из необходимости получения характерных исходных инженерно-геологических и гидрогеологических данных для определения характера воздействия эксплуатируемых зданий или сооружений на водный объект и оценки изменения основных характеристик его режима, сложившегося в данных условиях строительства и эксплуатации.

#### **4.7. Изыскания при наличии опасных гидрометеорологических процессов и явлений**

Изыскания в зоне возможного проявления опасных гидро-метеорологических процессов должны обеспечивать выбор площадки строительства, по возможности вне зоны действия процессов, с учётом их направленности и развития и определения на основе натурных исследований характеристик процессов и явлений для разработки инженерной защиты.

Характеристики опасных гидрометеорологических процессов и явлений должны устанавливаться с применением статистических методов оценки (для процессов и явлений, имеющих вероятный характер) или на основе прогноза их развития (для постоянно действующих односторонних процессов).

Исходная информация для определения расчётных характеристик опасных процессов и явлений, имеющих вероятный характер распределения в многолетнем разрезе, должна содержать ряды ежегодных значений их характеристик за длительный период наблюдений, а также сведения о имеющихся характерных, выдающихся максимумах по пункту 4.1.

## ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

### 5.1. Введение

Данные исследования для дорожного строительства выполняются в два этапа.

1) предварительный этап, когда ИГИ проводятся для обоснования проектного задания;

2) основной этап, когда проводятся детальные ИГИ для геологического обоснования рабочего проекта.

Перед изысканиями для обоснования проектного задания производится сбор и обобщение литературных и архивных данных, а также технические изыскания, проводимые проектировщиком. При этом техническое задание на ИГИ и необходимые топографические документы и материалы выдаются геологической разведывательной организации. В задании дается предварительная оценка намеченных вариантов и указаны участки, требующие подробного описания ИГ условий. К техническому заданию прилагаются топографические карты и поперечники или аэрофотоснимки.

На основании технического задания составляется программа работ, в которой особое внимание должно быть уделено изучению участков исследований:

- где строительство и эксплуатация дороги и транспортных сооружений могут быть осложнены ИГ аномалиями;

- на которых намечено строительство ответственных или сложных сооружений;

- где будет производиться строительство выемок и насыпей высотой более 12 м или участков тоннелей или мостовых переходов;

- развития физико-геологических явлений (карста, лавин, оползней эрозии и др).

Программа работ должна быть составлена с таким расчетом, чтобы в результате ИГИ были получены данные, необходимые для размещения на всех конкурирующих вариантах трасс – выбора наилучшего варианта и составления программы дальнейших исследований для утвержденного варианта трассы дороги.

На стоимость строительства того или иного варианта трассы в основном оказывают влияние:

- объемы земляных работ;

- количество и типы дорожных сооружений;

- наличие поблизости месторождения строительных материалов.

Поэтому при ИГИ особое значение имеет изучение геоморфологии и разведка месторождений строительных материалов.

При изысканиях для обоснования проектного задания производится ИГ съемка. Ширина ее полос и расстояние между ними зависит от сложности ИГ условий того или иного участка и может определяться по таблице 5.1. При простых условиях она принимается 300-500 м. На сложных участках (косоголов, болот, водоемом и др.) ширина полосы должна быть до 1000 м и более.

Масштабы ИГ съемок при предварительных изысканиях принимаются:

- для варианта трассы дороги – 1:50 000-1:25 000;
- для выбранного варианта трассы на участках типового проектирования – 1:10 000;
- участки индивидуального проектирования трассы или со сложными ИГ условиями – 1:5000-1:2000.

## 5.2. Особенности ИГИ при строительстве дорог

При ИГИ наземная ИГ съемка должна сопровождаться аэрогеологическими исследованиями, включающими как аэросъемку, так и аэровизуальные обследования местности. Особенно эффективным является применение аэрогеологических исследований при линейных изысканиях территорий с расчлененным рельефом и хорошей обнаженностью. В районах со слабой обнаженностью применяются геофизические методы, особенно эффективна электроразведка.

ИГ съемка и геофизические методы сопровождаются разведочными работами. При дорожных изысканиях проходятся неглубокие скважины (до 5-8 м) и шурфы. Однако на участках мостовых переходов, глубоких выемок и косоголов может возникнуть необходимость в проходке шахт и глубоких скважин.

Таблица 5.1 – Расстояния между выработками

Сооружение	Стадия изысканий для				Глубина выработки м
	предпроектной документации		проекта		
	Ширина полосы, м	Расстояние между выработками	Ширина полосы, м	Расстояние между выработками	
Автомобильная дорога.	400	300	300	150	На 2-3 метра ниже глубины промерзания грунта
Магистральный трубопровод	500	300	200	150	
Эстакада для надземн. коммуникаций	200	200	100	100	3-7
Подземные коммуникации	200	300	100	100	На 1-2 м ниже глубины промерзания грунта

Разведочные работы проводятся на участках индивидуального проектирования земляного полотна, размещения транспортных сооружений и на месторождениях строительных материалов. На участках развития слабых грунтов и на болотах выработки закладываются по оси трассы на расстоянии 200-250 м, а на поперечниках к трассе – 100-200 м. Там, где мощность слабых грунтов превышает 2 м, закладываются шурфы и ведется послойное исследование слабого прося. В местах развития оползней и на косогорах разведоч-

ные поперечники задаются через 300-500 м. На участках мостовых переходов и тоннелей глубина выработок, в зависимости от типа сооружения и ИГ условий, увеличивается до 25-50 м.

При изысканиях на участках с простыми ИГ условиями около 25% всех разведочных выработок опробуется. Образцы отправляются на лабораторные исследования для определения:

- плотности;
- влажности;
- предела пластичности;
- угла естественного откоса;
- гранулометрического состава.

### **5.3. Лабораторные методы испытания грунтов**

Виды лабораторных исследований грунтов и горных пород при инженерно-геологических изысканиях для автомобильных дорог мостов и транспортных сооружений приведены в п. 1.3.10 (глава 1).

#### **5.3.1. Определение плотности грунтов**

Плотность является одним из параметров, характеризующих структурно-текстурные свойства грунтов. Плотность грунта в естественном состоянии зависит от минералогического состава, пористости и влажности. При полном заполнении пор водой грунт будет иметь максимальную плотность. Пределы изменения плотности для большинства видов грунтов от 1,4 до 2,2 г/см<sup>3</sup>.

При лабораторных исследованиях грунтов определяются три вида плотности: плотность в естественном состоянии, плотность частиц и плотность скелета грунта.

Плотность грунта в естественном состоянии  $\rho$  определяется в соответствии с [6] и равна отношению его массы  $m_m$  к объему  $V$ , т.е.

$$\rho = m_m/V.$$

Плотность грунта определяется из образцов ненарушенной структуры. В зависимости от вида грунта и величины образца для определения плотности могут применяться следующие методы:

1. Режущего кольца,
2. Взвешивания в воде,
3. В цилиндре.

Первые два метода применяются для связных грунтов, третий – для несвязных (сыпучих) грунтов.

Метод режущего кольца применяется для плотных грунтов, позволяющих вырезать пробу без нарушения их структуры. Метод парафинирования (метод взвешивания в воде) применяется для связных грунтов, состояние которых не позволяет вырезать образец грунта режущим кольцом.

При определении плотности грунта первоначально определяют массу режущего кольца вместе с крышками  $m_r$ , г, затем определяют объем кольца,

V, заполняют кольцо грунтом и взвешивают  $m_{\text{нт}}$ , г и вычисляют плотность грунта по формуле:

$$\rho = \frac{m_{\text{нт}} - m_{\text{м}}}{V}$$

При обработке результатов испытаний плотность вычисляется с точностью 0,01 г/см<sup>3</sup>. Для каждого образца грунта количество параллельных определений должно быть не менее трех. Расхождение в результатах параллельных определений испытаний образцов более 0.03 г/см<sup>3</sup> не допускается.

По результатам полученных данных определяем нормативное значение плотности грунта  $\rho_n$  по формуле:

$$\rho_n = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i}{n}$$

где  $n \geq 2$  – количество опытов.

### **5.3.2. Определение гранулометрического состава песчаных грунтов**

Анализ гранулометрического состава грунтов выполняется с целью описания состава и вида грунтов, а также определения процентного содержания их отдельных фракций и неоднородности U, которая определяется по формуле:

$$U = d_{95} d_{50} / d_5,$$

где  $d_{50}$ ,  $d_{95}$ ,  $d_5$  – диаметры частиц, процентное содержание которых в грунте меньше 95, 50 и 5 %.

От гранулометрического состава зависят такие важные свойства грунтов, как плотность, пористость, сопротивление сдвигу, сжимаемость, водопроницаемость, прочность и др. Наиболее важным из перечисленных свойств является прочность. Так, чем крупнее фракции грунта, тем больше его прочность. Определение гранулометрического состава грунтов необходимо для:

- 1) их классификации;
- 2) оценки их пригодности для использования в качестве насыпей дорог, дамб и плотин;
- 3) оценки возможных явлений суффозии;
- 4) вычисления водопроницаемости по эмпирическим формулам;
- 5) оценки несвязных грунтов как строительного материала и как заполнителя при изготовлении различных марок и классов растворов и бетонов.

Анализ гранулометрического состава грунтов может производиться следующими основными методами:

- 1) ситовой (без промывки водой);
- 2) ареометрический;
- 3) полевым методом Рудковского.

#### **5.3.2.1. Ситовый метод определения гранулометрического состава грунтов (без промывки водой)**

Ситовый метод является основным при определении гранулометрического состава песчаных грунтов и должен выполняться в соответствии с реко-

мендациями [4]. Данный метод заключается в просеивании пробы воздушно-сухого грунта через сито с диаметрами отверстий 2, 0.5, 0.25, 0.1 мм.

После просеивания содержимое каждого сита высыпают во взвешенные стаканчики или листы бумаги и взвешивают частицы грунта с точностью до 0.01 г. Суммарная масса всех фракций пробы грунта не должна отличаться более чем 0.05% массы пробы, взятой для исследования.

### **Обработка результатов**

1. Вычислить содержание каждой фракции  $A_i$  по формуле:

$$A_i = \frac{m_i}{m_s} \cdot 100\%,$$

где  $m_i$  – масса данной фракции;  $m_s$  – масса скелета пробы (масса навески).

2. По результатам анализа подсчитать сумму в процентах по массе частиц крупнее 2, 0.5, 0.25 и 0.1 мм, по которой можно установить, пользуясь таблицей 1.1 приложения 1, наименование грунта по первому удовлетворяющему показателю в таблице с верху вниз. От вида грунта (в зависимости от крупности его частиц) по данным строительных норм и правил [7] можно определить его несущую способность.

### **5.3.3. Определение естественной влажности**

Влажность  $W$  грунта выражается в процентах или в долях единицы

$$w = \frac{m_w}{m_s} \cdot 100\%,$$

где  $m_w$  – масса воды в грунте, г;  $m_s$  – масса сухого грунта, г.

Влажность формирует множество физических, прочностных и деформативных свойств грунтов, особенно для грунтов связных. Наибольшее влияние она оказывает на естественную плотность и их несущую способность грунтов.

Натуральная влажность – это влажность, которая характеризует наличие воды в грунте в природных условиях. Для ее определения необходимо использовать образцы ненарушенной структуры и влажности. Параметр влажности необходим при определении плотности скелета грунта, коэффициента пористости, консистенции и других показателей.

### **5.3.4. Определение плотности сухого грунта, коэффициента пористости и степени влажности**

Плотность сухого грунта (скелета грунта)  $\rho_d$  определяется по формуле:

$$\rho_d = m_s/V,$$

где  $V$  – объем сухого грунта.

Зная влажность, плотность сухого грунта можно вычислить аналитически по уравнению

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w},$$

где  $\rho$  – плотность грунта, г;  $w$  – влажность в долях единицы.

Пористость грунта определяется по формуле:

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s},$$

или 
$$n = 1 - \frac{\rho}{(1 + 0.01w)\rho_s},$$

где  $\rho_s$  – плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>;  $w$  – влажность грунта, %.

Коэффициент пористости определяется по формуле:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1.$$

Песчаные грунты, в зависимости от коэффициента пористости, разделяют на: плотные, средней плотности и рыхлые (табл. 1.3, приложение 1). Степень влажности грунта  $S_r$  характеризует долю заполнения пор водой и вычисляется по формуле:

$$S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w},$$

где  $\rho_s$  – плотность частиц грунта;  $\rho_w$  – плотности воды, г/см<sup>3</sup>;

$w$  – весовая влажность, в долях единицы.

В таблице 1.4 (приложение 1) приведены виды песчаных грунтов в зависимости от степени влажности. Степень влажности грунтов значительно влияет на их несущую способность. Чем больше степень влажности грунта, тем меньше его несущая способность.

### **5.3.5. Определение оптимальной влажности и степени уплотнения грунта**

При производстве земляных работ, особенно при устройстве насыпей дорог, необходимо, чтобы уплотнение производилось при оптимальной влажности. Если влажность ниже оптимальной, то грунт необходимо увлажнить до оптимального значения.

Показателем степени уплотнения грунта служит величина удельного веса сухого грунта. Пробы грунта различной влажности уплотняются в специальном приборе стандартного уплотнения или в аппарате Проктора. Определяется плотность полученных образцов, а затем вычисляется плотность сухого грунта  $\rho_d$ . По полученным значениям строим график зависимости  $\rho_d - f(w)$ . Влажность, при которой будет максимальное значение плотности скелета грунта  $\rho_d$  и будет называться оптимальной.

Для определения оптимальной влажности необходимо:

1) навеска воздушно-сухого грунта, гигроскопическая влажность которого известна ( $w_g = 1.8\%$ ), принимается с таким расчетом, чтобы его абсолютно сухая масса  $m_d$  составляла 300 г, тогда:

$$m_g = m_d(1 + 0.01w_g) = 300(1 + 0.018) = 305.4 \text{ г};$$

2) определяется количество воды  $v_w$ , которое необходимо добавить к навеске грунта для получения влажностей: 4, 6, 8, 10, 12 и 14 % по формуле:

$$V_w = 300 (w_i - w_g) 0.01,$$

где  $w_i$  – заданная влажность;

$$m_w = m_d(1 + 0.01w_i) = 300(1 + 0.01w_i)$$

$$m_z = m_d(1 + 0.01w_g) = 300(1 + 0.01w_g)$$

По полученным данным строится график зависимости  $\rho_d = f(w)$  для влажностей 6, 8, 10, 12, 14 и 16 % (рис 5.1);

3) по графику (рис 5.1) определяется оптимальная влажность грунта  $w_{\text{опт}}$ , при которой он имеет максимальную плотность  $\rho_{d \text{ max}}$  (г/см<sup>3</sup>).

Степень уплотнения  $I_s$  определяется из уравнения

$$I_s = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}$$

Показатель уплотнения  $I_D$  определяется по уравнению

$$I_D = \frac{e_{\text{max}} - e}{e_{\text{max}} - e_{\text{min}}},$$

где  $e_{\text{max}}$  – максимальный коэффициент пористости;

$e_{\text{min}}$  – минимальный коэффициент пористости;

$e$  – коэффициент пористости в естественном состоянии.

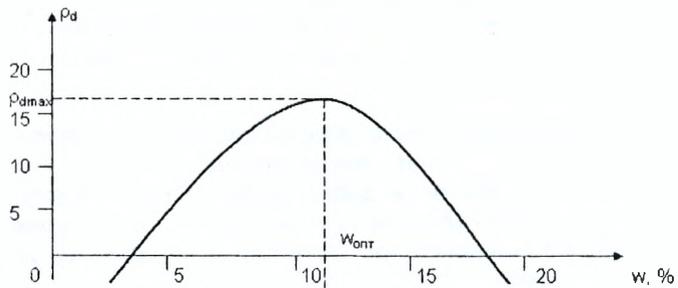


Рисунок 5.1 – Зависимость плотности грунта от влажности при уплотнении

Показатель уплотнения определяется только для сыпучих грунтов. Его величина зависит от гранулометрического состава, пористости, формы частиц, происхождения и др. От величины  $I_D$  зависит несущая способность грунта. Так, для рыхлого грунта  $I_D = 0$ .

### 5.3.6. Определение состояния связных грунтов

Основным свойством связных грунтов является их пластичность – это способность при определенной влажности изменять свою форму без разрывов от воздействия внешней нагрузки и сохранять форму, когда нагрузка снимается.

Основные характеристики пластичности связных грунтов:

1.  $I_p$  – число пластичности;
2.  $I_L$  – показатель текучести;
3.  $I_k$  – показатель консистенции.

Число пластичности  $I_p$  характеризует связность глинистых грунтов.

Показатели  $I_L$  и  $I_k$  характеризуют их состояние. В зависимости от  $I_p$  связанные грунты разделяются на: супеси, суглинки и глины, а от консистенции  $I_k$  на: твердые, полутвердые и текучие.

С целью определения состояния, в котором находится данный грунт с определенной влажностью, необходимо иметь следующие данные:

- естественную влажность –  $W_n$ ;
- влажность на границе усадки –  $W_s$ ;
- влажность на границе раскатывания –  $W_p$ ;
- влажность на границе текучести –  $W_L$ .

$W_p$  – это влажность, при которой грунт находится на границе твердого и пластичного состояний.

Влажность, при которой грунт находится на границе пластичного и текучего состояний, называют границей текучести –  $W_L$ .

Разность между влажностями на пределе текучести и раскатывания выражается в процентах или долях единицы, называется числом пластичности

$$I_p = W_L - W_p.$$

По величинам характерных влажностей  $W_p$  и  $W_L$  и естественной влажности  $W_n$ , можно оценить консистенцию грунта, т.е. степень подвижности слагающих грунт частиц при механическом воздействии, характеризуемой величиной показателя текучести –  $I_L$ .

$$I_L = \frac{w - W_p}{w_l - W_p}.$$

К глинистым грунтам могут относиться лессовые грунты и илы. Лессовые грунты – это макропористые грунты, содержащие карбонаты кальция и способные при замачивании водой давать под нагрузкой посадку, легко размокать и размываться. Ил – водонасыщенный современный осадок водоемов, образовавшийся в результате протекания микробиологических процессов, имеющий большую деформативность, просадочность и размокаемость.

Среди пылевато-глинистых грунтов могут быть грунты, проявляющие такие неблагоприятные свойства при замачивании, как просадочность и набухание.

К посадочным грунтам относятся грунты, которые при замачивании водой дают просадку (осадку), и при этом относительная просадочность  $\epsilon_{si} \geq 0.01$ .

К набухающим относятся грунты, которые при замачивании водой или химическими растворами увеличиваются в объеме, и при этом относительное набухание без нагрузки  $\epsilon_{sw} = 0.04$ .

Влажность на границе раскатывания  $W_p$  определяется методом раскатывания пробы в жгут  $d = 3$  мм, при котором жгут должен растрескаться.

Влажность на границе текучести  $W_L$  можно определять методами Касагранда или Васильева.

Используя значения влажностей на границах текучести  $W_L$  и раскатывания  $W_p$ , а также природной влажности  $W_n$ , можно определить число пластичности  $I_p$  и показатель текучести  $I_L$ .

В зависимости от числа пластичности  $I_p$ , грунты делятся [7]:

- 1) песчаные –  $I_p \leq 1\%$ ;
- 2) супеси –  $1 < I_p \leq 7\%$ ;
- 3) суглинки –  $7 < I_p \leq 17\%$ ;
- 4) глины  $I_p > 17\%$ .

Состояние глинистых грунтов зависит от показателя текучести  $I_L$ . Так, от величины показателя текучести грунты делятся в соответствии с таблицей 1.5 (приложение 1).

### 5.3.7. Определение набухания и усадки связных грунтов

Глинистые грунты при изменении их влажности обладают способностью увеличиваться или уменьшаться в объеме. Если влажность грунта увеличивается по сравнению с природной, то происходит набухание. Если уменьшается, то усадка.

Набухание определяется для оценки устойчивости и деформируемости оснований зданий откосов и подземных сооружений. Относительное набухание грунта  $\xi_{sw}$  определяется по формуле:

$$\xi_{sw} = \frac{\Delta h}{h},$$

где  $\Delta h$  – приращение высоты образца, мм;

$h$  – начальная высота образца природной влажности, мм.

По относительному набуханию выделяют следующие разновидности грунтов:

- не набухающие  $\xi_{sw} \leq 0.04$ ;
- слабо набухающие  $0.04 < \xi_{sw} \leq 0.08$ ;
- средне набухающие  $0.08 < \xi_{sw} \leq 0.124$
- сильно набухающие  $\xi_{sw} > 0.12$ .

Усадка грунта характеризуется величиной обычной усадки  $V_y$ , которая происходит в результате сложных физико-химических процессов, сопровождающихся уменьшением объема при дегидрации и зависит от минералогического состава грунта, его структуры и текстуры, а также от условий испарения воды.

Образец, равномерно высыхая, уменьшается в объеме, сохраняя при этом геометрическое подобие конуса, заданного емкостью устройства. При этом объемное уменьшение образца сводится к перемещению грунта по центральной оси конуса в направлении его вершины за счет силы тяжести.

## ГЛАВА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАТИВНЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

### 6.1. Определение сжимаемости грунтов

Степень сжимаемости является важной характеристикой механических свойств грунтов, которая используется для определения осадок зданий и различных сооружений.

Мерой сжимаемости грунтов является модуль деформации, который соответствует модулю упругости упругих тел. Грунт не является упругим телом, и его осадка есть сумма упругих и упруго-пластичных деформаций. Сжимаемость грунтов зависит от таких его свойств, как гранулометрический состав, пористость, минеральный состав и др.

Сжимаемость грунта может характеризоваться:

- кривой сжимаемости;
- коэффициентом сжимаемости;
- компрессионной кривой.

Кривая сжимаемости характеризует изменение высоты образца от нагрузки (рис. 6.1). Кривая сжимаемости может быть как начальной 1, так и вторичной 3. Между ними находится кривая разгрузки 2. Характер изменения кривых сжимаемости и разгрузки показывает, что при каждой новой нагрузке и разгрузке деформации грунта частично упругие, а частично неупругие (остаточные). Из рисунка 6.1 видно, что при повторном нагружении грунт является менее сжимаемым, чем при начальном нагружении. В связанном водонасыщенном грунте при нагрузке возникает давление воды в порах. При этом вода перемещается в сферы с более низким давлением.

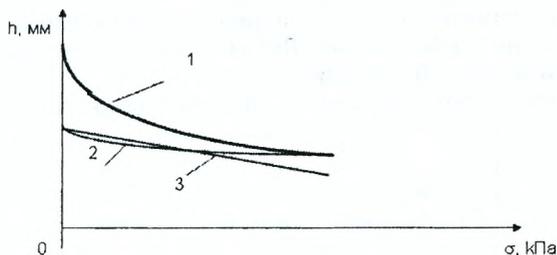


Рисунок 6.1 – Кривые сжимаемости 1, 3 и разгрузки 2

Коэффициент сжимаемости  $M_0$ , определенный в одометре, называется одометрическим модулем сжимаемости и определяется по следующей формуле:

$$M_0 = \Delta\sigma_i / \epsilon_i,$$

где  $\Delta\sigma_i$  – приращение напряжений в сечении образца;

$\epsilon_i = \Delta h_i / h_{i-1}$  – относительная деформация;

$\Delta h_i$  – осадка образца при  $i$ -ом нагружении;

$h_{i-1}$  – высота образца до  $i$ -го нагружения.

Аналогично определяется и вторичный коэффициент сжимаемости грунта  $M$ .

По данным  $M_0$  и  $M$  можно вычислить показатель консолидации  $\beta_k$ , переводной коэффициент  $\delta$ , начальный модуль деформации  $E_0$  и вторичный модуль деформации  $E$ .

$$\beta_k = M_0 / M,$$

$$\delta = (1+v) \cdot (1-2v) / (1-v),$$

где  $v$  – коэффициент бокового расширения.

$$E_0 = \delta \cdot M_0, E = \delta \cdot M.$$

В связи с тем, что сжимаемость грунтов связана с уменьшением его пористости, в механике грунтов принято характеризовать сжимаемость грунта зависимостью коэффициента пористости  $e$  от давления  $P$  (рис. 6.2). Эта зависимость называется компрессионной и определяется в лабораторных условиях экспериментально в приборах двух типов:

- одометре – приборе одноосного сжатия с жесткими боковыми стенками обоймы, в которую заключен образец грунта, называемом также компрессионным прибором;

- стабилометре – приборе трехосного сжатия с эластичными боковыми стенками, в которые заключен грунт.

При относительно малых давлениях  $P < P_{стр}$  сжимаемость грунта может быть сравнительно небольшой, значительно меньшей, чем при больших давлениях. В практических целях заменяют криволинейную зависимость между  $e$  и  $P$  прямолинейной, т.е. заменяют кривую на этом участке отрезком стягивающей ее хорды. Тогда из геометрических соображений получим, что:

$$\operatorname{tg} \alpha = (e_1 - e_2) / (P_2 - P_1) = m_0,$$

где  $m_0$  – коэффициент сжимаемости грунта,  $\text{кПа}^{-1}$ .

Для расчета осадок удобнее пользоваться коэффициентом относительной сжимаемости  $m_v$ , который равен:

$$m_v = m_0 / (1 + e_0),$$

где  $e_0$  – начальный коэффициент пористости.

Показатель сжимаемости грунта  $m_0$  (или  $m_v$ ) необходим для расчета величин осадок зданий или сооружений. Для этих целей нам нужны и показатели

$E_0$  – модуль общей деформации;

$\mu$  – коэффициент относительной поперечной деформации.

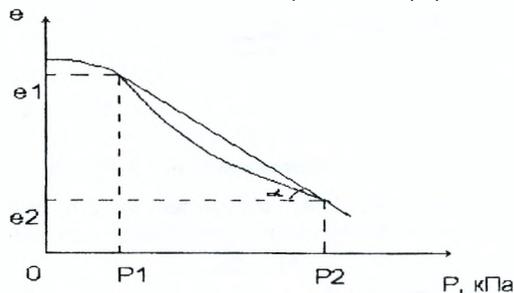


Рисунок 6.2 – Компрессионная кривая

Однако  $E_0$  и  $\mu$  используются как для расчета деформации оснований, так и при установлении распределения величин реактивных давлений под гибкими фундаментными плитами.

В одометре можно определить только один показатель – коэффициент сжимаемости  $m_0$ . В стабилометре мы имеем возможность непосредственно определить уже два показателя ( $m_v$  и  $\mu$  или  $E_0$  и  $\mu$ ).

## 6.2. Определение прочности грунтов

В связи с тем, что прочность связей между частицами в грунтах намного меньше, чем прочность самих частиц, прочность грунтов в целом определяется прочностью и состоянием связей между частицами. Разрушение грунта происходит вследствие возрастания сдвигающих усилий, возникающих между частицами при приложении к грунту нагрузки и разрушающих связи между частицами.

Для небольших давлений (до 0.5 МПа) можно считать, что сопротивление грунта сдвигу состоит из двух частей – одной, не зависящей от величины нормального давления, действующего по площадке сдвига и именуемой удельным сцеплением, и второй, являющейся функцией нормального давления и называемой трением.

Зависимость между сопротивлением сдвигу  $\tau$  и нормальным давлением  $\sigma$  устанавливается экспериментально.

Предельное сопротивление сдвигу определяется по закону Кулона:

- для сыпучих грунтов  $\tau \leq \sigma \operatorname{tg} \varphi$ ;

- для связных грунтов  $\tau \leq \sigma \operatorname{tg} \varphi + C$ ,

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения, град.;  $C$  – удельное сцепление, МПа.

Параметры прочности  $\varphi$  и  $C$  используются при определении несущей способности оснований сооружений, устойчивости откосов, выемок и земляных сооружений, давления грунтов на подпорные сооружения, устойчивости сводов обрушения подземных выработок, при проектировании соответствующих механизмов для разрушения грунтов и в других случаях.

Показатели сопротивления грунтов сдвигу могут определяться следующими способами:

- 1) по фиксированным плоскостям путем среза в сдвиговых приборах;
- 2) путем раздавливания при одноосном и трехосном сжатии;
- 3) по углу естественного откоса.

Наибольшее распространение в лабораторной практике получил метод одноплоскостного прямого сдвига.

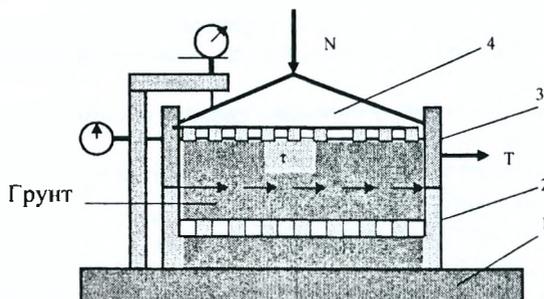
Различают быстрый сдвиг, когда за время испытания плотность и влажность грунта практически не изменяются (закрытая система), и медленный, когда вода свободно выдавливается из пор грунта (открытая система).

## 6.3. Определение показателей прочности грунта методом прямого среза образца

При использовании данного метода среза образец грунта помещается в обойму, имеющую горизонтальный разрез. По плоскости этого разреза происходит срез образца, нагруженного заданной вертикальной нагрузкой. При этом считается, что в плоскости разреза выполняется условие прочности. Таким образом, в этом виде испытания плоскость среза заранее predetermined. Такой метод испытания имеет как свои положительные стороны (простота испытания, простота прибора), так и отрицательные (напряженное состояние образца отличается от того, которое принимается в расчетной схеме; вместо плоскости среза получается некоторая зона, в которой происходит срез и др.).

Опыты по определению параметров прочности грунтов могут проводиться на сдвиговом приборе системы Гидропроекта типа ГТП-30 (рис 6.3) или на сдвиговом приборе коробчатого типа.

Перед загрузкой срезывателя грунтом обоймы скрепляются установочными винтами. На дно нижней обоймы уложен жесткий фильтр, служащий для отвода воды грунта при его сжатии. На образец грунта, помещенный в срезыватель, устанавливается жесткий штамп с верхним фильтром, служащий для передачи вертикальной нагрузки непосредственно на образец.



1 – подставка, 2 – нижняя часть обоймы, 3 – верхняя часть обоймы, 4 – нагрузочный поршень; N – нормальное усилие, T – сдвигающее усилие

Рисунок 6.3 – Прибор прямого среза типа ГТП-30

#### 6.4. Водопроницаемость грунтов

Водопроницаемость характеризуется коэффициентом фильтрации  $K_f$  (см/с или м/сут). Коэффициент фильтрации используется при:

- 1) определении притока воды в строительные котлованы и горные выработки;
- 2) расчете утечек воды из водохранилищ;
- 3) проектировании дренажных сооружений, фильтров и расчетов других строительных объектов.

Лабораторные определения коэффициента фильтрации характеризуют водопроницаемость отдельных «точек» водоносного слоя. При этом более близкую к естественным условиям картину дают определения на образцах с ненарушенной структурой. Коэффициент фильтрации зависит от гранулометрического состава, степени плотности грунта, температуры и др. показателей.

На основании закона Дарси выражается зависимость между графическим градиентом  $I$  и скоростью фильтрации воды  $V$ , т. е.

$$V = KI,$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации. Откуда

$$K = \frac{V}{I}$$

Если  $I = 1$ , то  $K = V$ .

Значение коэффициента фильтрации можно определять теоретически, лабораторными или полевыми испытаниями. При лабораторных испытаниях можно пользоваться следующими методами:

- 1) в приборе КФ;
- 2) при помощи трубки Каменского.

По данным опыта в приборе КФ производят расчет коэффициента фильтрации по формуле:

$$K_{10} = \frac{864 \cdot Q}{t \cdot F \cdot J \cdot \gamma},$$

где  $K_{10}$  – коэффициент фильтрации при  $t = 10^\circ\text{C}$ ;

$Q$  – расход воды, мл.;  $F$  – площадь поперечного сечения трубки (25 см);

$J$  – напорный градиент;  $\gamma$  – температурная поправка, равная 0,7 0,03  $t^\circ$ ;

где  $t^\circ$  – температура фильтрующейся воды;

864 – переводной коэффициент, измеряемый в см/с или в м/сут.

Коэффициент фильтрации по Каменскому определяется из следующего уравнения:

$$k = l/T f(S/H_0),$$

где  $l$  – высота образца грунта, см;

$S$  – понижение уровня воды в трубке Каменского, см;

$T$  – время опускания уровня воды в трубке на высоту  $S$ , сек;

$H_0$  – начальная высота столба воды в трубке, начиная от верхнего уровня в трубке, до уровня воды в сосуде.

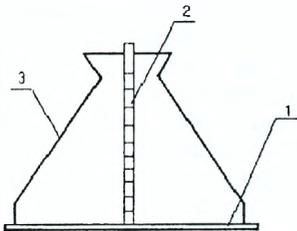
Функция  $f(S/H_0)$  приведена в приложении 1 табл. 1.13

В случае нескольких замеров времени фильтрации за расчетное принимается среднее арифметическое значение коэффициента фильтрации.

### 6.5. Определение угла естественного откоса сыпучих грунтов

Угол, образованный свободным откосом сыпучих грунтов с горизонтальной поверхностью в состоянии равновесия, называется углом естественного откоса.

Угол естественного откоса для сухих и водонасыщенных песков в рыхлом состоянии практически совпадает с их углом внутреннего трения. Угол естественного откоса сыпучих грунтов является одной из расчетных характеристик при проектировании дамб, насыпей, дорог, плотин и других земляных сооружений. Его определяют как в сухом, так и в водонасыщенном (под водой) состоянии. При определении угла естественного откоса сыпучих грунтов пользуются прибором КФ (рис. 6.4).



- 1 – круглая перфорированная подставка;
- 2 – вертикальная стойка в центре, на которой нанесена разделительная шкала в градусах;
- 3 – полый корпус в виде усеченного конуса

Рисунок 6.4 – Схема прибора для определения угла естественного откоса

## 6.6. Полевые методы исследования грунтов

Полевые исследования грунтов используются для изучения:

- водопроницаемости горных пород;
- деформативных характеристик песчано-глинистых грунтов;
- прочностных характеристик грунтов и детального расчленения геологического разреза.

Вопросы исследования водопроницаемости грунтов и горных пород изложены в разделе 6.4.

Деформативные показатели в полевых условиях определяются:

- штамповыми испытаниями;
- прессиометрическим методом.

Штамповые испытания проводятся в шурфах или котлованах путем приложения на штамп опытных нагрузок. Строятся графики зависимости осадок штампа от нагрузок, по которым и определяют значение модуля деформации грунта.

Опытными нагрузками можно также проводить испытание несущей способности свай, фундаментов или целых зданий, специально выстроенных для этих целей.

Более прогрессивным методом определения деформативных характеристик грунтов является *прессиометрия*, при котором используется прибор *прессиометр*.

Для определения прочностных характеристик неоднородных пород, из которых нельзя отобрать образцы ненарушенной структуры, используются *опытные сдвиги*, которые проводятся в шурфах или скважинах. Если породы относительно устойчивы, то сдвиговые испытания проводят в шурфах. В иловатых и пластичных глинистых породах сопротивление сдвигу определяется сдвигомером-крыльчаткой. При повороте крыльчатки измеряют крутящий момент  $M$  и сопротивление сдвигу  $\tau$  определяют по формуле:

$$\tau = M/1,17\pi d^3,$$

где  $d$  – диаметр цилиндра вращения.

Высота крыльчатки  $h = 2d$ .

Для зданий и сооружений II и III класса ответственности, при определении прочностных и деформативных показателей грунтов, если известны их физические значения, можно воспользоваться данными [СНиП], табл. 1.9-1.12 (приложение 1).

## 6.7. Методы зондирования

При линейных изысканиях широко используются динамическое и статическое зондирование, позволяющее установить разрезы горных пород, выделить слабые слои, оценить степень неоднородности грунтов, определить плотность песчаных грунтов и консистенцию связных грунтов. Точки зондирования располагаются через 100-200 м вдоль оси трассы и по поперечникам.

В местах расположения инженерных сооружений при наличии в разрезе мощных слоев иловатых и глинистых пород мягкопластичной и текучей консистенции используют крыльчатое зондирование. Испытания на срез производятся через 1 м в 5-6 скважинах, вскрывающих прослойку слабых грунтов.

В результате изысканий для обоснования проектного задания должны быть составлены:

- ИГ карта масштаба 1:25 000 – 1:50 000 по району расположения вариантов трассы;

- по трассе карта масштаба 1:10 000;

- по участкам индивидуального проектирования – 1:500 и 1:5000.

Кроме этого, составляются инженерно-геологические разрезы и поперечники, колонки выработок, данные полевых испытаний грунтов и другие показатели.

### 6.8. Изыскания для обоснования рабочего проекта

Изыскания для обоснования рабочего проекта производятся на трассе утвержденного варианта дороги. Работы ведутся только на тех участках, ИГ условия которых должны быть освещены более детально, чем при предварительных изысканиях. Исследования проводятся на местах возведения сооружений и в местах индивидуального проектирования трассы.

На площадках размещения зданий, тоннелей, мостовых переходов и транспортных сооружений ведется детальная ИГ съемка в масштабах 1:500 - 1:1000. На участках с неблагоприятными условиями устраиваются дополнительные выработки. Разведочные выработки проходятся на участках расположения сооружений. Примерные схемы размещения разведочных выработок даны на рис. 6.5.

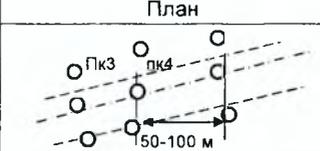
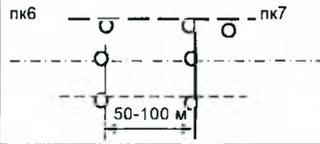
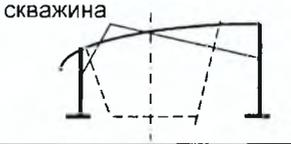
Название участка	План	Разрез
Участок выемки глубиной до 6 м		
То же глубиной более 6 м		

Рисунок 6.5 – Схемы размещения выработок

Если проектирование какого-либо участка сопряжено с изменением конструкций или конструктивных схем, то при изысканиях ведутся работы до получения всех необходимых данных, обеспечивающих проектирование этих сооружений.

С разведочных выработок отбираются пробы грунта для определения их плотности, влажности, гранулометрического состава, коэффициента пористости и др. показателей. Для пород, залегающих в пределах активной зоны нагрузок, и для слабых грунтов дополнительно определяются прочностные и деформативные характеристики. На участках расположения станций закладываются гидрогеологические скважины для проведения опытных откачек грунтовых вод.

Данные откачек грунтовых вод из скважин могут использоваться для проектирования водоснабжения.

По результатам ИГИ составляется отчет.

## ГЛАВА 7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

### 7.1. Общие определения

Данные исследования проводятся для получения инженерно-геологических характеристик долины реки в районе возможных вариантов мостового перехода; данные об инженерно-геологических условиях сооружения оснований и фундаментов опор моста; сведения об аллювиальных отложениях реки и о крупности наносов, влекомых по дну во время паводков; сведения о пригодности пойменных грунтов в качестве строительного материала для возведения подходных насыпей и регуляционных сооружений; данные о наличии в районе мостового перехода карьеров естественных строительных материалов (камня, гравия, песка).

Инженерно-геологические обследования выполняют в объемах, позволяющих производить технико-экономическое сравнение вариантов мостового перехода и разработку проектных решений по выбранному варианту. Объем и содержание обследований зависят от сложности инженерно-геологических условий данного района, стадии проектирования, этапа изысканий и размеров проектируемого моста.

Инженерно-геологические обследования на стадии технического проекта мостового перехода производят в два этапа. Первый этап осуществляют при выборе варианта мостового перехода, а второй – при изысканиях по выбранному направлению.

Основные задачи инженерно-геологических обследований на первом этапе заключаются в изучении геологического строения речной долины, гидрогеологических условий данного района, физико-геологических процессов, происходящих на участках вариантов мостового перехода, и в поисках месторождений местных строительных материалов и грунтов для строительства.

Для решения этих задач проводят инженерно-геологические съемки, геофизические исследования и разведочные работы,

В качестве топографической основы для проведения инженерно-геологических съемок используют аэрофотоснимки, карты масштабов 1:10 000-1:25 000, а также планы, которые составляют изыскатели в результате выполнения топографо-геодезических работ. Ширина полосы инженерно-геологической съемки определяется геологическими условиями перехода. Для каждого варианта трассы перехода она должна составлять не менее 300 м вверх по течению от оси мостового перехода и не менее 200 м вниз. Полоса съемки должна захватывать участки расположения регуляционных и защитных сооружений, подходы (насыпи и выемки) к проектируемому мосту, а также площади срезки. Если на участке перехода имеют место неблагоприятные русловые, береговые и склоновые явления, то масштаб съемки принимают равным 1:1000-1:2000; при отсутствии указанных неблагоприятных явлений съемку производят в масштабе 1:5000-1:10000.

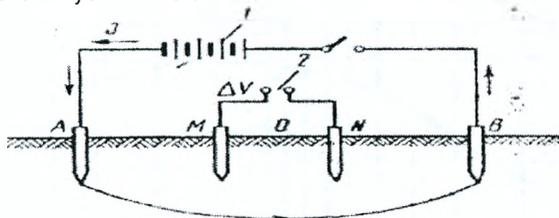
В процессе инженерно-геологических обследований ведут полевой журнал, в котором дается описание характерных геологических признаков и составля-

ются схематические инженерно-геологические планы мостового перехода. Подробно описываются следующие элементы речной долины: русло реки, его ширина, очертание; в плане; поймы, их ширина, заболоченность, наличие озер и староречий, характер растительности; надпойменные террасы, их высота, рельеф, характер растительности. Указывается наличие размывов берегов, оползней, обвалов, скальных обнажений, карстовых провалов. Отмечается выход на поверхность грунтовых вод.

Задачами геофизических исследований являются:

1. Расчленение отдельных геоморфологических элементов долины на участки с различными инженерно-геологическими условиями.
2. Определение состава и мощности аллювия.
3. Определение положения уровня грунтовых вод, оконтуривание площади месторождений строительных материалов, необходимых для строительства мостового перехода.

Указанные задачи решают с помощью электроразведки. Это такой способ исследования геологического строения земной коры, который основан на изучении явлений протекания электрического тока в земле. Как известно, распределение электрического поля в земной коре зависит от взаимного расположения и электрических свойств горных пород. К электрическим свойствам горных пород относят: удельное сопротивление тока  $\rho$ , диэлектрическую постоянную  $\epsilon$  и магнитную проницаемость  $\mu$ . При инженерно-геологических изысканиях применяют постоянный ток, который искусственно вводят в землю. Для изучения поля постоянного тока достаточно определить удельное сопротивление  $\rho$ . Из всех методов электроразведки наиболее широкое применение в практике инженерно-геологических изысканий получил метод сопротивлений. Сущность этого метода (рис. 7.1) заключается в следующем: через грунты пропускают постоянный электрический ток, а на поверхности земли измеряют сопротивление изучаемых грунтов; по найденной величине сопротивления можно, не вскрывая грунтовых напластований, установить, какая порода и на какой глубине она залегает.



A и B – питающие электроды; M и N – измерительные электроды;  
1 – батарея; 2 – измеритель напряжения

Рис. 7.1. Схема установки для производства электроразведочных работ по методу сопротивлений

Метод сопротивлений имеет несколько разновидностей, наиболее распространенными из которых являются: вертикальное электрическое зондирование и электропрофилирование.

## 7.2. Вертикальное электрическое зондирование

Вертикальное электрическое зондирование осуществляют с помощью установки, схема которой представлена на рис.7.1 Установка состоит из погруженных в землю питающих электродов *A* и *B* и измерительных электродов *M* и *N*. Электроды *M* и *N* располагаются симметрично относительно середины линии *AB* (точка *O*) и находятся на одной прямой с электродами *A* и *B*. Все электроды представляют собой стальные стержни длиной 50-70 см. При помощи электродов *A* и *B* в землю вводится по проводам от батареи электрический ток; сила тока *I* измеряется специальным прибором. Электроды *M* и *N* соединяют с измерителем напряжения, который позволяет определять разность потенциалов  $\Delta V$  между точками *M* и *N*. На основании закона Ома находят так называемое кажущееся удельное сопротивление грунта

$$\rho_k = K \frac{\Delta V}{I}$$

где *K* – коэффициент, зависящий от размеров установки.

*K* определяют по формуле (рис. 7.1):

$$K = \pi AN AM / MN$$

Вертикальное электрическое зондирование производят следующим образом. Установка, изображенную на рис. 7.1, помещают в точке земной поверхности *O*, в которой необходимо получить вертикальный геологический разрез. Первоначально определяют удельное сопротивление  $\rho_k$  при малом значении расстояния *AB* (при малом разnose). Затем продолжают увеличивать разнос *AB* и снова определяют  $\rho_k$ . По мере увеличения разноса *AB* возрастает глубина проникновения электрического поля. Поэтому, в результате проведенных измерений, получают ряд значений кажущегося удельного сопротивления  $\rho_k$ , как глубины функции, выраженной через *AB*. По полученным данным, в логарифмических координатах, строят график зависимости  $\rho_k$  от величины *AB/2* (рис. 7.2).

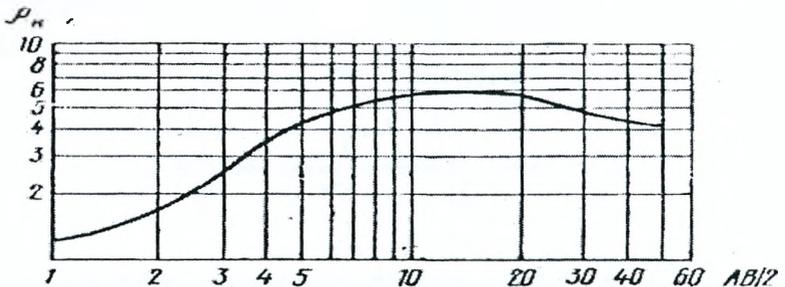


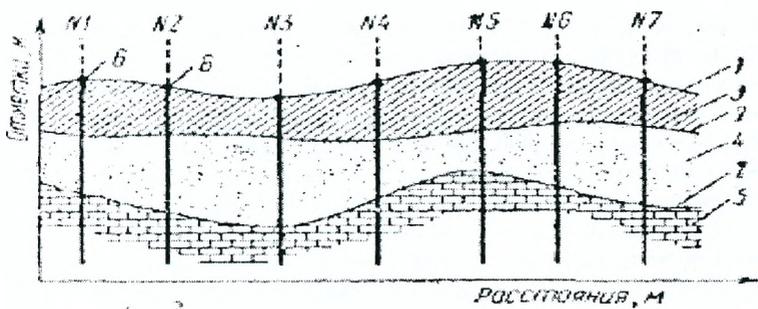
Рисунок 7.2 – График зависимости  $\rho_k$  от  $AB/2$

Этот график представляет собой кривую электрзондирования. На основании таких кривых, полученных для ряда точек, производят построение геоэлектрического разреза. Для этого предварительно снимают профильную линию поверхности земли и наносят положение точек, в которых производилось

вертикальное электрическое зондирование. В каждой точке от поверхности земли вниз в определенном масштабе откладываются мощности электрических горизонтов. После этого проводят разделительные линии, которые соответствуют положению кровли различных электрических горизонтов в разрезе (рис. 7.3)

Вертикальное электрическое зондирование должно производиться на глубину, превышающую возможную глубину заложения фундаментов опор моста не менее чем на 5-10 м.

При электропрофилировании измеряют величину кажущегося удельного сопротивления грунта  $q_k$ , относящуюся к равным глубинам. Установка, схема которой представлена на рис. 7.1, перемещается вдоль заданного профиля, причем расстояния  $AB$  и  $MN$  сохраняются постоянными. При постоянном значении разноса  $AB$  остается постоянной и глубина проникновения электрического тока, а значит, и глубина, которой соответствует получаемое кажущееся удельное сопротивление грунта  $q_k$ . Изменение величины  $q_k$  свидетельствует об изменении однородности среды, т. е. об изменении геологического строения на данной глубине.



1 – профильная линия поверхности земли; 2 – разделительная линия;  
3 – тяжелый суглинок; 4 – песок; 5 – известняк; 6 – точки, в которых производилось вертикальное электрическое зондирование  
Рисунок 7.3 – Геоэлектрический разрез

Электроразведка не является исчерпывающим методом обследования. Она не может полностью заменить буровые работы. Результаты электроразведки используют для целенаправленного размещения буровых скважин и более обоснованного определения глубины бурения на отдельных участках мостового перехода.

### 7.3. Буровые работы

Основным видом разведочных работ на мостовых переходах является бурение. При наличии благоприятных геологических условий на каждом берегу русла реки закладывают одну скважину. В русле реки для среднего моста закладывают одну-две скважины; для большого моста их закладывают не ре-

же чем через 100 м, но не менее двух. В песчаных и глинистых грунтах глубина скважин принимается не менее 15 м, в крупнообломочных и полускальных породах – не менее 10 м, в скальных породах – не менее 5 м. В русле глубина скважины считается от дна реки. При неблагоприятных геологических условиях количество скважин по оси мостового перехода увеличивается.

Способ бурения зависит от типа грунта (породы). В песчаных и глинистых грунтах применяют ударно-канатный или шнековый способы бурения; в крупнообломочных полускальных породах – ударно-канатный и в скальных – колонковый способ.

При небольшом объеме буровых работ и глубине скважин до 3,0 м бурение можно вести ручным способом, а при значительных объемах работ и больших глубинах скважин – механическим способом с приводом от двигателя. Широкое распространение на изысканиях мостовых переходов получили самоходные буровые установки, которые монтируют на автомобиле. Инженерно-геологические обследования пойменных участков мостового перехода осуществляют шурфованием или заложением скважин, глубиной 4-6 м.

Для выяснения возможности обеспечения строительства мостового перехода местными строительными материалами собирают и изучают данные по существующим карьерам. При отсутствии карьеров ведут разведочные работы местных строительных материалов. На основании результатов этих работ составляют карту размещения месторождений строительных материалов.

Инженерно-геологические изыскания на втором этапе, осуществляемом по выбранному направлению трассы мостового перехода, производят с целью получения материалов, необходимых для назначения отверстия моста и разработки схемы и конструкции моста, подходов к нему, регуляционных и защитных сооружений, а также с целью обеспечения строительства данного мостового перехода местными строительными материалами.

Объем буровых работ (количество скважин) в месте расположения моста назначают в соответствии с данными, приведенными в табл.7.1, в зависимости от намечаемой длины моста и инженерно-геологических условий. Так как во время изысканий мостовых переходов трудно точно назначить длину моста, то протяженность участка бурения скважин принимают с учетом коэффициента 1,3.

В тех случаях, когда длина моста превышает 200 м, объем буровых работ определяют по специальной программе. На втором этапе должна быть выявлена крупность наносов, влекомых по дну во время паводков, для определения их физических показателей. При морфометрических обследованиях сведения о наносах получают на основании материалов наблюдений, которые проводят на постоянных водомерных постах Гидрометеослужбы.

Таблица 7.1 – Количество скважин в месте расположения моста

Длина моста (с учетом коэфф. 1,3), м.	Инженерно-геологические условия	
	простые	сложные
25-100	3-5	5-7
100-200	5-7	7-9

Инженерно-геологические обследования, проводимые на стадии составления рабочих чертежей, преследуют следующие цели:

- 1) детальное изучение геологических и гидрогеологических условий у каждой мостовой опоры и у других сооружений мостового перехода;
- 2) установление характеристик грунтов;
- 3) детальное обследование неблагоприятных физико-геологических явлений и процессов, воздействующих на отдельные сооружения мостового перехода;
- 4) доразведку месторождений местных строительных материалов.

После экспертизы технического проекта заказчиком могут быть внесены некоторые изменения в схему моста по принятому варианту и в положение проектной линии, может даже измениться местоположение мостового перехода. В таких случаях состав и объем ИГИ расширяется в зависимости от степени изученности нового участка и его инженерно-геологической сложности.

К основным видам инженерно-геологических изысканий, проводимых на этой стадии, относят: бурение или шурфование, лабораторные исследования грунтов и воды, камеральную обработку материалов.

Объем буровых работ (количество скважин) под каждую опору моста устанавливаются в зависимости от размеров фундамента и сложности инженерно-геологических условий (табл. 7.2).

Таблица 7.2 – Количество скважин под каждую опору моста.

Размеры фундамента по длинной стороне, м	Инженерно-геологические условия	
	простые	сложные
Менее 15	1	2
Более 15	1-2	2-4

#### 7.4. Морфометрические работы

Морфометрические работы представляют собой такой вид инженерно-гидрологических обследований, который не предусматривает наблюдений за проходом высоких вод во время паводка. Эти работы обычно выполняют на реках, хорошо изученных в гидрологическом отношении.

В связи с тем, что гидрологическая изученность рек Республики Беларусь непрерывно возрастает, морфометрические обследования приобретают с каждым годом все большее значение, а гидрометрические работы имеют тенденцию к сокращению.

Морфометрические работы включают в себя установление характерных уровней воды, построение продольного профиля реки выбор и съемку морфостворов, определение типа руслового процесса, также изучение ледового режима реки.

Сроки проведения изысканий железных и автомобильных дорог часто не совпадают со сроками прохождения высоких паводков на пересекаемых реках, поэтому морфометрический способ получения гидрологических характеристик данной реки имеет широкое распространение. При производстве изы-

сканий мостового перехода в период прохождения небольших паводков кроме морфометрических работ целесообразно проводить и гидрометрические наблюдения с целью получения конкретных натуральных значений расходов, скоростей течения, продольных уклонов водной поверхности, коэффициентов шероховатости водной поверхности и других характерных признаков, которые могут оказывать влияние на работу мостового перехода.

#### **7.4.1. Установление характерных уровней**

Наиболее надежным источником получения сведений о характерных уровнях являются данные наблюдений на многолетних водомерных постах, расположенных вблизи проектируемого мостового перехода. На указанных водомерных постах устанавливают:

- отметки и даты наблюдения самых высоких и низких, ранних и поздних уровней ледостава;

- первой подвижки льда и весеннего ледохода;

- пика паводка и время осеннего или зимнего ледохода. Независимо от наличия вблизи проектируемого мостового перехода водомерных постов, в районе перехода устанавливают отметки следующих характерных уровней воды, которые необходимо знать для проектирования мостового перехода:

- 1) уровня высоких вод – УВВ;

- 2) высокого ледохода – УВЛ;

- 3) высокой подвижки льда – УВПЛ;

- 4) низкой подвижки льда – УНПЛ;

- 5) средней межени – УСМ;

- 6) низкой межени – УНМ.

Отметки указанных уровней определяют по аналогии, путем опроса старожилов, по меткам и местным признакам, по литературным и архивным материалам.

#### **7.4.2. Построение продольного профиля реки**

Продольный профиль реки в месте мостового перехода снимают для определения продольных уклонов свободной поверхности потока и построения продольного профиля дна и берегов русла. Отметки, необходимые для построения линии дна и берега коренного русла, определяют в процессе производства топографо-геодезических работ.

Продольный профиль снимают по урезу воды в русле на момент производства работ. При этом измеряют глубины реки по фарватеру в наиболее характерных точках дна (в плесовых ложинах, на гребнях перекатов и т.д.).

Протяженность съемки продольного профиля зависит от конкретных местных условий. В том случае, когда режим реки не нарушен различными гидротехническими сооружениями, протяженность съемки принимают равной длине участка реки на генеральном плане мостового перехода. При этом рекомендуется соблюдать следующие условия:

- протяженность съемки должна быть не менее суммарной длины, одного плеса или одного переката – для больших рек;

- не менее суммарной длины двух плесов и двух перекатов – для средних рек;
- не менее суммарной длины трех плесов или перекатов – для малых рек.

При съемке продольного профиля реки используют имеющуюся картографическую основу (фотопланы и карты масштаба не мельче 1:25 000). Продольный профиль снимают нивелированием, расстояние между точками урезов воды определяют дальномером.

На период съемки продольного профиля открывают временные водомерные посты. При нивелировании урезов воды по берегам рек засекают время. Отметки урезов воды приводят к одному моменту времени путем введения соответствующих поправок по наблюдениям на водомерном посту.

Установленные на местности отметки УВВ за различные годы указывают на продольном профиле. После этого производят построение линии свободной поверхности и определение продольных уклонов потока при уровне высоких вод.

### ***7.4.3. Выбор и съемка морфостворов***

Морфостворы разбивают для построения профилей поперечных сечений реки, определения расходов воды и установления расхода между русловой и пойменными частями потока.

Предварительно морфостворы намечают на генеральном плане мостового перехода. Морфостворы должны располагаться нормально к направлению течения в реке при высоких водах для того, чтобы поперечное сечение реки по морфоствору можно было принимать за живое сечение потока. В связи с указанным, на участках реки, где направления течения в русле и на пойме не совпадают, морфоствор в плане может быть ломаным.

Расположение морфостворов в плане зависит и от типа руслового процесса. Например, при ленточно-грядовом и побочневом типах морфостворы назначают так, чтобы они были перпендикулярны не только к общему направлению потока, но и к бровкам русла. На реках со свободным меандрированием морфостворы назначают в более узких местах поймы с наименьшим числом стариц и протоков; на реках с блуждающим руслом морфостворы располагают в таких местах, где зона блуждания имеет минимальную ширину.

Морфоствор, предназначенный для определения расходов воды по предварительно установленным уровням, выбирают на прямолинейном участке русла реки в тех местах, где поймы имеют наименьшую ширину, и направление течения при высоких водах совпадает с направлением главного русла. Этот морфоствор разбивают на участке русла с однообразным уклоном при уровне высоких вод.

Морфоствор, предназначенный для установления распределения расхода воды между русловой и пойменной частями потока при гидроморфологических исследованиях, располагают непосредственно выше трассы мостового перехода.

Разбивку и съемку морфостворов на местности производят с помощью теодолитов-тахеометров; при этом расстояния определяют по дальномеру, а превышения – по углу наклона. В тех местах, где морфостворы пересекают

меженное русло реки, протоки, староречья и озера, определяют отметки урезов воды и измеряют глубины.

Все морфостворы привязывают к продольному профилю реки. Границами морфостворов являются отметки земли, превышающие уровни высоких вод на 1-2 м для уровней весенних половодий и на 2-3 м – для ливневых паводков.

Морфологическими характеристиками створа являются:

- распределение глубин воды по его ширине;
- сопротивление движению воды в различных частях створа (в русле, на поймах, в протоках и т.д.), которое оценивается коэффициентами шероховатости.

В связи с этим при разбивке морфоствора следует не только снять профиль дна и берегов, но и произвести съемку ситуации местности не менее чем по 100 м в каждую сторону от морфоствора и дать описание ситуационных и морфологических признаков русла и пойм на прилегающем к створу участке рек. К этим признакам относят:

- наличие на пойме протоков, староречий и озер, спрямляющих течений;
- прорывов перешейков речных излучин;
- характер растительности по морфоствору, выше и ниже его (трава кустарник, лесные массивы, их густота и высота);
- наличие на пойме различных построек и сооружений;
- характеристика грунтов в русле реки и на незадернованных участках поймы.

На основании указанных выше признаков устанавливают значение коэффициентов шероховатости для различных частей морфоствора, что позволяет рассчитывать скорости течения и расходы воды в отдельных частях морфоствора.

В приложении [6] приводятся значения коэффициентов шероховатости русел и пойм по классификации М. Ф. Срибного. Этой классификацией рекомендуется пользоваться в качестве основной при проведении морфометрических исследований.

## ГЛАВА 8. СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ И СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

### 8.1. Содержание задания на инженерно-геологические изыскания

Содержание задания на ИГИ нормируется и регламентируется нормами [1] приложения 3.

1. Наименование объекта, характеристика строительства (новое, реконструкция, расширение, техническое перевооружение).

2. Местоположение и границы района, пункта, площадки, участка, трассы, их конкурентных вариантов.

3. Заказчик, его ведомственная принадлежность.

4. Проектная организация – генеральный проектировщик (иная организация, предприниматель), выдающая техническое задание.

5. Стадия проектирования.

6. Техническая характеристика объекта:

- виды и назначение зданий и сооружений, номер по экспликации;
- класс ответственности зданий и сооружений и др.;
- конструктивные особенности зданий и сооружений, материал, чувствительность к неравномерным осадкам и др.;

- этажность; габариты – длина, ширина, высота, диаметр резервуаров; канализационных насосных станций и т.п.; протяженность трасс коммуникаций и др.;

- предполагаемые (намечаемые) типы фундаментов, их размеры, шаг опор, глубина заложения, абсолютная отметка нуля, низа свайного ростверка, наличие и глубина подвалов и технологических приямков;

- предполагаемые (намечаемые) нагрузки на фундаменты (ленты, опоры, плиты, колонны каркаса, сваи, кусты свай и др.), вес дымовых труб, резервуаров и др.;

- предполагаемые (намечаемые) удельная нагрузка на грунт, глубина погружения (длина) свай и др.;

- наличие динамических нагрузок и агрессивных сред;

- предстоящие изменения конструкций и нагрузок на фундаменты, условия эксплуатации зданий и сооружений и результаты наблюдений (сведения) за их деформациями, сведения о проводившихся реконструкциях, технической мелиорации грунтов;

- возраст (давность) и технология образования I искусственных грунтов (насыпных, намывных, уплотненных, и др), формирования промышленных отходов в накопителях; сведения (данные) о составе и другие характеристики исходных грунтов (веществ), результаты геотехнического контроля;

- необходимость устройства подушек и грунтовых свай с оценкой степени однородности, плотности, максимальной плотности, водопроницаемости, химического состава, рН сред и других свойств грунтов;

- прочие сведения.

7. Сведения и данные о воздействии проектируемых объектов на геологическую или природную среду, рациональном природопользовании, мероприятиях по охране окружающей среды, в том числе об инженерной защите территорий и сооружений от опасных геологических процессов.

8. Сведения о ранее выполненных изысканиях (исследованиях), местонахождение материалов.

9. Требования к составу данных, точности, доверительной вероятности и обеспеченности расчетных характеристик.

10. Дополнительные требования к изысканиям и материалам отчета.

11. Сроки представления промежуточных материалов и отчета, количество экземпляров,

12. Фамилия, имя, отчество, телефон, факс представителя заказчика.

13. Приложения: топографические планы, генеральные планы, карты, схемы с указанием границ районов, пунктов, площадок, участков, полос трасс, контуров существующих и проектируемых зданий и сооружений и другая техническая документация, необходимая для обоснованного определения состава изысканий, видов, объемов и методов работ.

## **8.2. Состав и содержание отчета (заключения) об инженерно-геологических изысканиях**

### **8.2.1. Изыскания для предпроектной документации**

Текст отчета (заключения) должен содержать следующие разделы и сведения:

*Введение* – основание для проведения изысканий, местоположение района (пунктов, площадок, участков, трасс, их вариантов), сведения и данные по проектируемому объекту, технические характеристики зданий и сооружений, задачи изысканий, состав изысканий, виды и объемы работ, методы испытаний и исследований, период (время) их проведения, изменения программы изысканий, состав исполнителей.

*Изученность инженерно-геологических и инженерно-геоэкологических условий* – назначение и границы территорий ранее выполненных изысканий (исследований), организации-исполнители, время проведения и основные результаты работ, возможность их использования, сведения об освоении и использовании территорий, опыт местного строительства, включая характер и причины установленных деформаций оснований, зданий и сооружений.

*Физико-географические условия* – геоморфологические условия, рельеф, гидрографическая и климатическая характеристики. *Геологическое строение и гидрогеологические условия* – геолого-стратиграфический разрез, сейсмотектонические условия, генетические типы отложений, классификация грунтов, условия их распространения, геологические (инженерно-геологические) процессы и явления.

*Физико-механические свойства грунтов* – характеристика состава, состояния, физических и механических свойств грунтов, их пространственной изменчивости.

*Инженерно-геологические условия* – инженерно-геологическое районирование территорий с обоснованием и характеристикой выделенных на инженерно-геологической карте районов, участков; характеристика природных условий каждого пункта; при изысканиях в конкурентных пунктах – с обоснованием выбора оптимального или альтернативных, а в их пределах – конкурентных площадок с обоснованием. То же – при изучении вариантов, выделении и выборе полос трасс линейных сооружений. Рекомендации инженерно-геологического характера по учету при выборе пункта (площадки, полосы трассы) и проектировании факторов, ограничивающих или осложняющих условия строительства и эксплуатации объектов; возможных изменений геологической или природной среды, в том числе геоэкологических условий, под воздействием строительства и эксплуатации зданий и сооружений, по инженерной защите и инженерной подготовке территории.

**Выводы** – основные выводы и рекомендации, необходимые для принятия проектных решений по проведению дальнейших изысканий, специальных работ и исследований.

**Список использованных материалов** – публикации, фондовые и архивные материалы, использованные при проведении изысканий и составлении отчета.

Структура отчета устанавливается в зависимости от конкретных задач изысканий, объема и содержания материалов. Так, при определяющем или существенном влиянии на проектные решения отдельного или ряда факторов следует выделять разделы: "Сеймотектонические условия", "Инженерно-геологические процессы", "Гидрогеологические условия", "Инженерно-геоэкологические условия", "Месторождения строительных материалов". В случае применения нестандартных методов работ, испытаний, исследований необходимо выделять раздел "Методы работ" (соответственно – испытаний, исследований). При составлении заключения вместо отчета отдельные разделы объединяются.

Текстовые приложения отчета (заключения) должны содержать:

- программу изысканий (предписание на изыскания) с копией задания заказчика;
- документацию точек наблюдений при инженерно-геологической рекогносцировке и съемке, журналы документации выработок и другие;
- таблицы результатов полевых и лабораторных исследований грунтов и вод, стационарных наблюдений;
- каталог координат и высот точек наблюдений и, при необходимости, другие материалы.

Графические приложения отчета (заключения) должны содержать:

- 1) карты фактического материала, инженерно-геологическую с районированием территорий, при необходимости – гидрогеологические, геоэкологическую (характер и интенсивность загрязнений и др.);
- 2) инженерно-геологические, геофизические, при необходимости – гидрогеологические разрезы или колонки опытных и наблюдательных скважин (шурфов);
- 3) графики зондирования, пенетрационного каротажа, других полевых работ и лабораторных работ, определений, исследований, наблюдений, измерений и др.

При изысканиях для линейных сооружений вместо инженерно-геологической карты полосы трассы допускается прилагать инженерно-геологические разрезы по оси трассы и поперечникам, выкопировки из имеющихся геологических, гидрогеологических и других карт и указанные выше колонки, графики.

### **8.3. Изыскания для проекта**

Текст отчета (заключения) дополнительно к 8.2.1 должен содержать следующие сведения и данные.

В разделе «Геологическое строение и гидрогеологические условия» приводится описание выделенных инженерно-геологических элементов и условий их залегания, характеризуются гидрогеологические условия в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой, включая режим подземных вод, оценку подтопляемости территории и, при необходимости, данные для составления прогноза изменения гидрогеологических условий, результаты гидрогеологических расчетов (в соответствии с задачами изысканий) и др.

Приводится оценка гидрохимических условий и тенденции их изменений при строительстве и эксплуатации объекта, характера возможного воздействия вод на материал подземных конструкций с рекомендациями по инже-

нерной защите, а также по продолжению или организации стационарных гидрохимических наблюдений.

При необходимости вводится или дополняется раздел «Инженерно-геозологические условия». В разделе «Физико-механические свойства грунтов» для каждого выделенного инженерно-геологического элемента приводятся нормативные и расчетные значения характеристик грунтов с учетом возможного их изменения при строительстве и эксплуатации объекта.

Детально характеризуются результаты исследований специфических грунтов, на участках склоновых процессов, развития карста и др.

В разделе «Инженерно-геологические условия» детализируется районирование территории, оценивается активность и опасность геологических (инженерно-геологических) процессов, приводятся рекомендации инженерно-геологического характера по выбору типов оснований и фундаментов, расположению зданий и сооружений, инженерной защите, охране геологической или природной среды.

Текстовые и графические приложения отчета (заключения) составляются с дополнением соответствующими материалами и данным по выполненным работам.

#### **8.4. Изыскания для рабочего проекта или рабочей документации**

Текст отчета (заключения) дополнительно к 8.1 должен содержать следующие сведения и данные.

В разделе «Геологическое строение и гидрогеологические условия» приводится описание окончательно выделенных инженерно-геологических элементов в зависимости от сложности инженерно-геологических условий по площадке (трассе) в целом, по группам участков или по участкам каждого здания и сооружения. Приводятся результаты гидрогеологических исследований, уточняются гидрогеологические параметры, коррозионная агрессивность подземных вод к бетонам и металлам и другие свойства вод.

В разделе «Физико-механические свойства грунтов» уточняется оценка изменений свойств грунтов при строительстве и эксплуатации объектов.

В разделе «Инженерно-геологические условия» уточняются рекомендации инженерно-геологического характера по выбору типа оснований и фундаментов, оценка активности геологических (инженерно-геологических) процессов, рекомендации по инженерной защите, составу изысканий (работ) в период строительства.

При изысканиях на территориях с опасными геологическими (инженерно-геологическими) процессами следует выделять соответствующий раздел.

Текстовые приложения отчета (заключения) составляются с дифференциацией результатов изысканий по участкам зданий и сооружений.

Графические приложения отчета должны содержать:

- 1) карту фактического материала в целом по объекту или по отдельным участкам на выкопировке с генплана (с контурами участков);
- 2) инженерно-геологические разрезы по каждому участку, их группам или по площадке (трассе) в целом;
- 3) геофизические и гидрогеологические разрезы, графики зондирования, пенетрационного каротажа, других полевых опытных и опытно-фильтрационных работ, стационарных наблюдений и др.;
- 4) по трассам линейных сооружений вместе с инженерно-геологическими разрезами следует, как правило, прилагать их профили с результатами инженерно-геологических изысканий (приложение 3).

## ГЛАВА 9. ИЗЫСКАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АЭРОДРОМОВ

### 9.1. Общие сведения

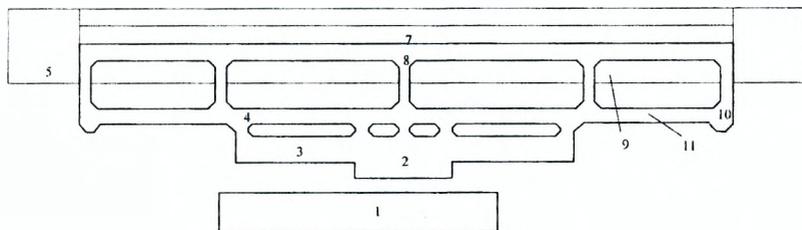
Аэропорт представляет собой предприятие, обслуживающее перевозку пассажиров, багажа и различных грузов. Крупные аэропорты мира обслуживают более 40 миллионов пассажиров в год и обеспечивают около 700 000 взлетов и посадок. Ежедневно могут перевозить более 100 000 пассажиров.

*Аэродром* – это главная составляющая аэропорта, представляющая собой специально подготовленный земельный участок, имеющий комплекс различных сооружений для обслуживания работы воздушных судов.

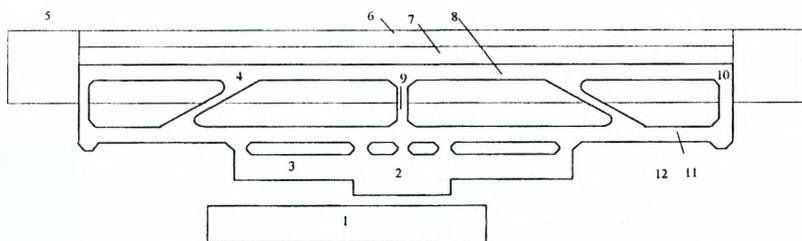
Аэродромы проектируются круглой или квадратной формы (рис 9.1) с размерами, зависящими от следующих факторов, например:

- от взлетно-посадочных скоростей;
- размеров и веса самолета и др.

а)



б)



а – с соединительными РД, примыкающими под углом  $90^\circ$  к ВПП; б – со скоростными соединительными РД; 1 – зона застройки; 2 – перрон; 3 – места стоянок самолетов; 4 – вспомогательные РД; 5 – концевые полосы безопасности; 6 – боковые полосы безопасности; 7 – грунтовая летная полоса; 8 – ВПП с искусственным покрытием; 9 – соединительные РД, примыкающие под углом  $90^\circ$  к ВПП; 10 – предстартовые площадки; 11 – магистральная РД; 12 – скоростные РД.

Рисунок 9.1 – Схема аэродрома с одной ВПП

Граница аэродрома принимается по внешним границам концевых и боковых полос безопасности.

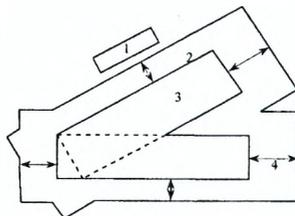
– *Служебно-техническая территория* – это часть земельного участка аэропорта, где располагаются различные здания и сооружения, необходимые для обслуживания всех видов перевозок и самолетов.

– Обособленные сооружения предназначаются для расположения объектов управления воздушным движением.

– *Приаэродромная территория* – это местность, служащая для маневрирования самолетов.

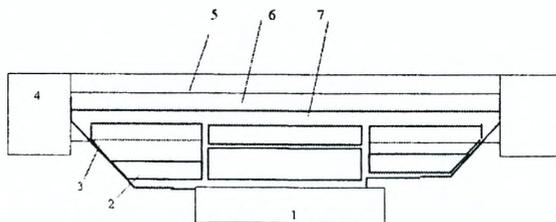
– *Обособленные сооружения* представляют собой часть земельного участка аэропорта, предназначенную для расположения объектов управления воздушным движением (УВД), радионавигации, посадки, очистных сооружений перевалочных складов горюче-смазочных материалов (ГСМ).

*Приаэродромная территория* представляет собой прилегающую к аэродрому местность, над которой в воздушном пространстве производится маневрирование воздушных судов. Часть воздушного пространства, расположенного над аэродромом и прилегающей к нему местностью в установленных границах, предназначенного для полетов над аэродромом, выходов самолетов на трассы, подходов к аэродрому, а также для обеспечения посадки самолетов, называется районом аэродрома.



1 – застройка; 2 – обочина; 3 – летная полоса; 4 – полоса подходов

Рисунок 9.2 – Схема аэродрома полосной формы



1 – участок застройки; 2 – места стоянок самолетов; 3 – рулежные дорожки; 4 – полоса подходов; 5 – обочины; 6 – летная полоса; 7 – взлетно-посадочная полоса (ВПП)

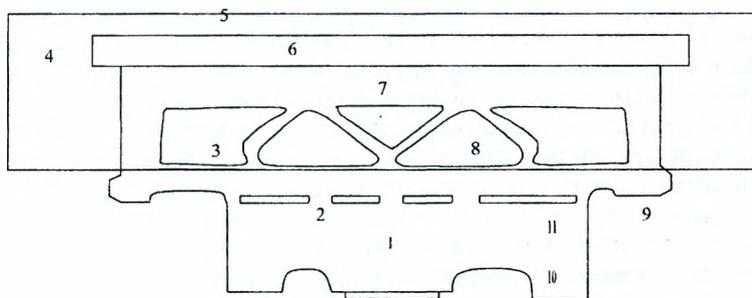
Рисунок 9.3 – Составные части однополосного аэродрома

## 9.2 Основные элементы аэродромов и их назначение

Аэродром имеет одну или несколько летных полос (ЛП), рулежные дорожки (РД), перрон, места стоянки (МС) и площадки специального назначения (рис. 9.4).

**Л е т н а я п о л о с а** предназначена для обеспечения взлетно-посадочных операций, выполняемых, как правило, в двух взаимно противополож-

ных направлениях. В тех случаях, когда местные условия аэродрома не позволяют обеспечить взлет и посадку самолетов с двух направлений, допускается устройство летной полосы, обеспечивающей безопасное выполнение этих операций с одного направления, с возможностью ухода на второй круг. Летные полосы подразделяются на главные, имеющие наибольшую длину и, как правило, расположенные в направлении преобладающих ветров, и вспомогательные.



1 – перрон; 2 – вспомогательные РД; 3 – магистральная РД; 4 – концевые полосы безопасности (КПБ); 5 – боковые полосы безопасности (БПБ); 6 – грунтовая взлетно-посадочная полоса (ГВПП); 7 – взлетно-посадочная полоса с искусственным покрытием (ИВПП); 8 – соединительные РД; 9 – предстартовые площадки; 10 – площадки специального назначения; 11 – места стоянок самолетов (МС)  
Рисунок 9.4 – Основные элементы аэродрома

Летные полосы должны обеспечивать:

а) при взлете – выруливание самолета на место старта, разбег до скорости отрыва, отрыв от поверхности летной полосы, разгон в воздухе и частичный набор высоты;

б) при посадке – выдерживание самолета в воздухе, выполняемое на высоте 0,5-1,5 м над поверхностью летной полосы с постепенным гашением скорости; приземление, фиксирующее момент касания колесами земли; пробег, выполняемый для гашения скорости самолета от посадочной до безопасной скорости схода самолета с ВПП; отруливание с ВПП.

Летная полоса включает взлетно-посадочную полосу (ВПП), концевые и боковые полосы безопасности (КПБ и БПБ).

ВПП является частью летной полосы, специально подготовленной и оборудованной для взлета и посадки самолетов. ВПП может быть с искусственным покрытием ИВПП или грунтовой. ИВПП, как правило, имеют светорadiотехническое оборудование, обеспечивающее круглосуточное выполнение взлетно-посадочных операций, в том числе в условиях плохой видимости при установленном для данного аэродрома минимуме погоды. Искусственные покрытия обеспечивают круглосуточную работу авиации на аэродроме.

Боковые полосы безопасности (БПБ) – это грунтовые участки летной полосы, расположенные вдоль ее рабочей площади и пред-

назначенные для обеспечения безопасности движения по грунту в случае возможных выкатываний самолетов в сторону за пределы рабочей площади при разбеге и пробеге.

**Рулежные дорожки (РД)** представляют собой специально подготовленные и оборудованные пути, предназначенные для руления и буксировки самолетов. Рулежные подразделяются на магистральные, соединительные и вспомогательные.

**Концевые полосы безопасности (КПБ)** представляют собой спланированные участки летной полосы, расположенные у концов ее рабочей площади, предназначенные для случаев выкатывания и преждевременного приземления самолетов при посадке, а также выкатывания за пределы рабочей площади для погашения скорости в случае прерванного взлета.

Размеры элементов летных полос аэродромов приведены в табл. 9.1.

Магистральные РД (МРД) располагаются, как правило, вдоль летной полосы. Соединительные РД призваны обеспечить связь ВПП с магистральной РД в местах предполагаемого окончания пробега самолетов после посадки.

Вспомогательные РД предназначены для обеспечения связи МС, перрона и отдельных площадок специального назначения с магистральной РД.

**Перрон** представляет собой площадку перед аэровокзалом, предназначенную для размещения самолетов при посадке и высадке пассажиров, погрузки и разгрузки почты, багажа и технического обслуживания самолетов.

**Места стоянок (МС)** представляют собой специально оборудованные площадки и предназначены для хранения и обслуживания приписанных самолетов. Они могут быть групповыми и индивидуальными.

**Площадки специального назначения** – это площадки для стоянки самолетов перед ангаром, для мойки и доводки самолетов, стоянки машин перронной механизации и некоторых других целей.

Таблица 9.1 – Размеры элементов летных полос

Элемент	Класс аэродромов					
	А	Б	В	Г	Д	Е
Длина КБП, м	400	400	400	400	250	50
Ширина ГВПП, м	100	100	100	100	85	70
» ИВПП, м	60	45	42	35	28	21
» БПБ, м	100	100	100	75	50	50
Общая ширина летной полосы, м	360	345	342	285	213	191

### 9.3. Классификация аэродромов

Аэродромы имеют классификацию в соответствии с табл. 9.2. Транспортные полеты производятся по воздушным трассам и в общем объеме всех полетов занимают ведущее место. Полеты специального применения выполняются преимущественно вне трасс и производятся в районах расположения предприятий. Аэродромы в аэропортах классифицируются в соответствии с табл. 9.3. В зависимости от характера использования аэродромы подразделяются на: постоянные аэродромы, оборудованные для регулярной эксплуатации,

Таблица 9.2 – Классификация аэродромов

Факторы, влияющие на подразделение аэродромов	Класс аэродромов
Длина главной ВПП с искусственным покрытием в стандартных условиях и категория нормативной нагрузки	А, Б, В, Г, Д, Е
Характер использования	Постоянные Временные Дневные Круглосуточного действия
Назначение	Трассовые Аэродромы применения авиации в народном хозяйстве
Расположение на трассах	Основные и запасные
Вид покрытия	Аэродромы с искусственными покрытиями Групповые

Таблица 9.3 – Классификация аэродромов в аэропортах

Класс аэропорта	Класс аэродромов	Класс аэропорта	Класс аэродромов
I	А	IV	Г
II	Б	V	Д
III	В	неклассифицированный	Е

#### 9.4. Требования к участкам расположения аэродромов и задачи изысканий

Задачей выбора участка и инженерных изысканий для строительства нового аэродрома (аэропорта) является изучение природных и хозяйственных условий участка и получение исходных данных, обеспечивающих разработку технически обоснованных и экономически целесообразных решений при размещении, проектировании и строительстве аэродрома. К участку расположения аэродрома предъявляется ряд специфических требований, по которым при сравнении вариантов делается окончательный выбор:

1. Для обеспечения безопасной работы аэропорта его аэродром должен быть удален от соседних аэродромов (если последние не могут быть закрыты или перенесены на другое место) на расстояние, устанавливаемое действующими ведомственными нормами проектирования, правилами организации полетов и т.д.

2. На территории, расположенной в пределах полос воздушных подходов аэродрома, ограничивается наличие естественных и искусственных высотных препятствий, высоковольтных линий и электропередач, складов горючих и взрывчатых веществ, населенных пунктов и других мест скопления людей.

3. Участок для строительства нового аэродрома следует располагать, как правило, на землях, не пригодных как для сельскохозяйственного использования, так и для промышленного применения (наличие полезных ископаемых, подрабатываемые территории и др.).

4. Наличие благоприятных почвенно-грунтовых и гидрогеологических условий участка.

5. Рельеф участка должен допускать по возможности устройство аэродрома без значительных объемов земляных работ, однако в ряде случаев объем земляных работ не является решающим аргументом при выборе участка.

6. Обеспеченность участка местными строительными материалами (песком, гравием, песчано-гравийной смесью).

7. Обеспеченность участка инженерными коммуникациями – водой, электроэнергией, связью, наличие подъездных железных и автомобильных дорог.

8. Кроме специальных требований по размещению площадки аэродрома относительно городской застройки, следует учитывать вредное воздействие авиационного шума и располагать аэродром так, чтобы трассы полетов самолетов проходили возможно дальше от населенных пунктов, зон отдыха, других мест массового скопления людей (детские сады, санатории и др.).

9. Выбранный участок аэродрома (аэропорта) должен обеспечивать, как правило, перспективу дальнейшего развития авиапредприятия.

10. В связи с введением автоматизированных систем посадки большое значение приобретает рельеф аэродрома; он должен по возможности быть ровным в пределах летной полосы.

11. Одним из обязательных требований к размещению аэродрома является ориентация оси летной полосы по направлению преобладающих ветров.

### **9.5 Организация изыскательских работ**

Изыскательские работы производят специализированные организации (тресты инженерных изысканий) или отдельные отделы изысканий проектных институтов.

Инженерные изыскания выполняют по программе работ, составляемой изыскательской организацией, на основании технического задания заказчика в соответствии с требованиями СНБ [1] и других нормативных документов по инженерным изысканиям для строительства.

Техническое задание на изыскания составляют с учетом требований СНБ, стадии проектирования. Оно должно отражать полный комплекс исходных данных, необходимых для проектирования.

Изыскательские работы включают три периода: подготовительный, полевой и камеральный.

В подготовительный период производят сбор, изучение и обобщение необходимых данных по району изысканий, составление программ и смет, оформление договоров на изыскания, создание полевых подразделений, получение разрешений на производство топографогеодезических и инженерно-геологических работ. Сбор материалов инженерных изысканий производят в исполкомах местных советов депутатов трудящихся, проектно-изыскательских и изыскательских организациях, а также:

- по инженерно-геологическим работам – в территориальных геологических фондах Министерства геологии РБ;

- по инженерно-гидрогеологическим работам – в органах Государственного фонда гидрометеорологических материалов Государственного комитета по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Инженерные изыскания на территории областей, городов и поселков производятся при наличии разрешений, выдаваемых в установленном порядке исполкомами местных советов депутатов трудящихся, органами Главного управления геодезии и картографии. Разрешение на право производства изыскательских работ оформляется заказчиком или по его заданию организацией, проводящей изыскания.

Проведение инженерно-геологических изысканий подлежит обязательной регистрации в соответствии с «Инструкцией о государственной регистрации работ по геологическому изучению недр». В полевой период выполняются предусмотренные программой полевые работы и часть камеральных и лабораторных работ, необходимых для обеспечения контроля полноты и точности производства полевых работ. В камеральный период производится окончательная обработка и оформление полевых материалов и их выпуск в виде отчетов, результатов испытаний, чертежей и т. д.

### **9.6. Выбор участков для строительства аэродромов**

Решение о проектировании и строительстве (или реконструкции) предприятий и сооружений гражданской авиации, в том числе аэродромов, должно приниматься исходя из схем развития и размещения соответствующих отраслей народного хозяйства и промышленности и схем развития и размещения производительных сил на основе технико-экономических обоснований (ТЭО), разработанных с учетом указанных схем и подтверждающих экономическую целесообразность и хозяйственную необходимость проектирования и строительства предприятий и сооружений гражданской авиации. Выбор участка для строительства нового или реконструкции действующего аэропорта входит в комплекс работ, выполняемых на стадии разработки ТЭО по данному объекту при подготовке задания на проектирование.

Основанием для производства выбора участка являются: утвержденный план проектно-изыскательских работ; задание заказчика на разработку ТЭО, составленное и утвержденное в установленном порядке; договор, заключенный проектной организацией с заказчиком, принятый к финансированию.

Выбор участка предшествует комплексу работ, выполняемых для технического проекта, и производится в следующей последовательности: подготовительные работы; рекогносцировка района изысканий и сбор сведений; обследование намеченных участков; выбор участка; согласование и утверждение выбранного участка.

**Подготовительные работы.** Подготовительные работы выполняет главный инженер проекта и начальник изыскательской партии (отряда) до выезда на изыскания.

В объем подготовительных работ входят: изучение задания заказчика и уточнение всех вопросов, возникающих в процессе этого изучения; сбор и изучение материалов по району изысканий; составление технического задания на производство изыскательских работ по выбору нового участка или реконструкцию существующего аэропорта.

В процессе подготовительных работ собирают и изучают следующие материалы: карты района изысканий 1:25 000-1:200 000; метеоданные района, в том числе данные о ветровом режиме в районе изысканий, с выделением сведений при условиях плохой видимости; данные о почвенно-грунтовых и гидрологических условиях района; данные о существующих в районе изысканий аэродромах МГА, других ведомств; данные о районной планировке населенного пункта с перспективой его развития.

На карту района изысканий наносят все перечисленные данные, а также все варианты возможного расположения участка аэропорта.

**Рекогносцировка района изысканий.** По прибытии в район изысканий главный инженер и начальник изыскательской партии (отряда) обязаны информировать местные органы власти о цели изысканий, а также заручиться их содействием в производстве работ. В местных организациях собирают дополнительные сведения и картографические материалы, выясняют характер и перспективу застройки в районе предполагаемых участков, высотные препятствия и другие данные, характеризующие район изысканий.

Все полученные новые сведения отражают на карте района изысканий.

Наземная рекогносцировка района изысканий заключается в осмотре и обследовании вариантов участков, намеченных по карте. В процессе наземной рекогносцировки уточняют имеющийся в наличии картографический материал на данный участок, а в случае его отсутствия составляют кроки рекогносцировки участков в масштабе 1:10 000-1:25 000.

Одновременно производят описание каждого намеченного к обследованию участка с указанием угодий, границ землепользования, почвенно-грунтовой характеристики, затопляемости, заболоченности, рельефа, возможных размеров летной полосы и ее планового расположения, воздушных подходов и т.п. Определяют ориентировочный объем работ по освоению участка и все другие данные, предусмотренные анкетой.

Из всех намеченных вариантов участков выбирают основной и один-два конкурентноспособных, которые подлежат специальному обследованию и, кроме того, уточняют следующие данные:

- наилучшее размещение летных полос и служебно-технической территории (воздушные подходы, объем земляных работ, перспектива расширения) и т.п.;
- условия размещения средств посадки;
- границы выбранных земельных участков наносят на план землепользования;
- по каждому варианту определяют общую площадь участков и состав их по угодьям, кроме того, на плане указывают земли, которые будут осваиваться или улучшаться взамен изымаемых сельхозугодий;
- условия отвода (компенсация и др.);
- ветровой режим, наличие и характеристика микроклимата;
- почвенно-грунтовые и гидрогеологические данные о заболоченности и затопляемости;
- наличие, качество, запасы и условия получения местных строительных материалов (ориентировочно).

В результате рекогносцировки в районе изысканий и дополнительного подробного обследования лучших участков представляются:

- карту района изысканий со всеми данными;
- план землепользования с нанесением границ участков;
- справку территориального геологического управления и Госгортехнадзора об отсутствии на выбранном участке полезных ископаемых, а при наличии – разрешение органов Госгортехнадзора на застройку этого участка;
- графики полос воздушных подходов по конкурентоспособным вариантам;
- анкеты установленной формы на конкурентные варианты;
- материалы обследований и другие данные по лучшим участкам;
- сравнительную ведомость, характеризующую по каждому варианту состояние воздушных подходов, ветровую загрузку полос, расстояние от центра города, объем работ по освоению участка; протяженность необходимых подъездных дорог и линий инженерных коммуникаций.

### **9.7. Сопоставление вариантов и выбор окончательного места расположения аэродрома**

Окончательное сравнение обследованных вариантов и выбор основного участка производятся на месте специальной комиссией, в состав которой входят представители заказчика, проектной организации и других заинтересованных ведомств. Комиссия тщательно изучает представленные материалы, осматривает в натуре лучшие участки и принимает решение, которое оформляется специальным актом.

Выбранный участок под строительство нового или реконструкцию существующего аэропорта должен быть согласован:

- областным или краевым исполкомом совета депутатов трудящихся;
- начальником территориального управления гражданской авиации, Госгортехнадзором;
- специализированными учреждениями города, на территории которого расположен выбранный объект.

По окончании согласований акт выбора участка нового аэропорта или реконструкции существующего должен быть утвержден:

- на аэропорты I-II классов – территориальным управлением ГА по его поручению;
- на аэропорты IV-V классов, если строительство аэропорта осуществляется начальником управления ГА, на территории которого изыскан участок. Если строительство аэропорта осуществляется за счет местного бюджета, то акт выбора утверждается руководством областного (краевого) исполкома или ведомства заказчика.

## ГЛАВА 10. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АЭРОДРОМОВ

### 10.1. Задачи и методы инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий

Задачей инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий (ИГИ и ГГИ) аэродромов [13] является комплексное изучение природных условий участка аэродрома и получения данных, необходимых для технически правильного, экономически целесообразного решения основных вопросов проектирования, строительства и эксплуатации аэродрома, а также составления прогноза изменения окружающей природной среды под влиянием производственной деятельности аэропорта.

Указанные данные необходимы для решения следующих задач:

- проектирования перемещения земляных масс с учётом сохранения растительного слоя, пригодности перемещаемых грунтов для создания насыпей, устойчивости грунтов от размывания и выветривания;
- проектирования мероприятий по созданию дернового покрова;
- оценки геологического строения и геологических процессов, ограничивающих использование участка или требующих специальных мероприятий;
- определения физико-механических свойств грунтов для расчёта прочности аэродромных покрытий;
- получения сведений о наличии и режиме грунтовых вод для проектирования дренажных и водоотводящих сооружений;
- получения сведений о резерве грунта и карьерах строительных материалов;
- составления прогноза изменения инженерно-геологических и гидрогеологических условий (ИГУ и ГГУ) при возведении в эксплуатацию сооружений аэропорта. При изысканиях аэродромов используются следующие методы:
- сбор, изучение и обобщение данных о природных условиях участка изысканий по литературным и архивным материалам;
- инженерно-геологическая рекогносцировка участка аэродрома;
- инженерно-геологическая съёмка; почвенное и ботаническое обследования;
- инженерно-геологическая разведка; гидрогеологические изыскания;
- разведка резервов грунта для создания насыпей;
- сбор материалов о карьерах строительных материалов;
- камеральные работы;
- контрольные инженерно-геологические работы;
- документация строительных выемок, насыпей и котлованов.

### 10.2. Состав и объём инженерно-геологических и гидрогеологических работ при изысканиях аэродромов

При выборе участка аэродрома производятся следующие виды работ:

- по литературным, архивным и картографическим материалам для выяснения природных условий района изыскания собирают и обобщают сведения о климате, рельефе и геоморфологии, геологическом строении, ГГУ и физико-геологических явлениях;

- на выбранных вариантах участка расположения аэродрома для выявления строения грунтов и ГГУ закладывают одиночные геологические выработки (прикопки, расчистки, шурфы и скважины), на основании которых дается оценка степени пригодности участка для проектируемого строительства.

**Изыскания для технического проекта.** На стадии технического проекта известно только положение ВПП. В связи с этим производят только площадные изыскания на участках ВПП. В соответствии с техническим заданием на производство инженерных изысканий для получения данных, необходимых для составления технического проекта аэродрома, производится детальное изучение и сбор литературных и материалов по району расположения участка аэродрома с целью выяснения: климата района, геоморфологии, геологического строения и ГГУ, почв и растительности, физико-геологических процессов, данных о наличии карьерных строительных материалов.

На основании анализа собранных материалов, технического задания и действующих нормативных документов составляют программу на производство инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, производят отбор соответствующего оборудования и инструмента для производства работ и формируют состав изыскательской партии.

На месте проектируемого объекта и в местных организациях (изыскательских проектных, научно-исследовательских, строительных и других) дополнительно собирают данные по опыту местного строительства и практикуемых способах производства работ.

Необходимая инженерно-геологическая съемка (ИГС) масштаба 1:10000 производится на топооснове масштаба 1:5000. Осуществляется также почвенное обследование для составления проекта задернования и земляных (планировочных) работ.

Инженерно-геологическая разведка (ИГР) участка строительства на этой стадии производится путем проходки разведочных выработок. Для изучения геологического строения участка, сложения и состава грунтов на участке аэродрома закладывают разведочные выработки с учетом рельефа и микро-рельефа мест предполагаемых выемок и насыпей, мест смены растительного и почвенного покрова. При простых геологических условиях разведочные выработки (скважины и шурфы) закладывают ориентировочно по сетке 200X200 м. При сложных условиях расстояние между выработками сокращается.

Глубина разведочных выработок определяется глубиной зоны влияния нагрузок от самолетов на естественное основание и ориентировочно составляет 3-4 м. Часть разведочных выработок доводится до 6-10 м. На ВПП дополнительно закладывают разведочные выработки в шахматном порядке в 5-10 м от края взлетно-посадочной полосы (ВПП). Расстояние между выработками принимают примерно равным 200 м.

При необходимости допускается уменьшение указанного расстояния, особенно при изысканиях в сложных геологических условиях. Для более детального выделения горизонтов грунтов и почв и их инженерно-геологического опробования ориентировочно 25-30% от общего количества закладываемых разведочных выработок должны составлять шурфы (рис. 10.1).

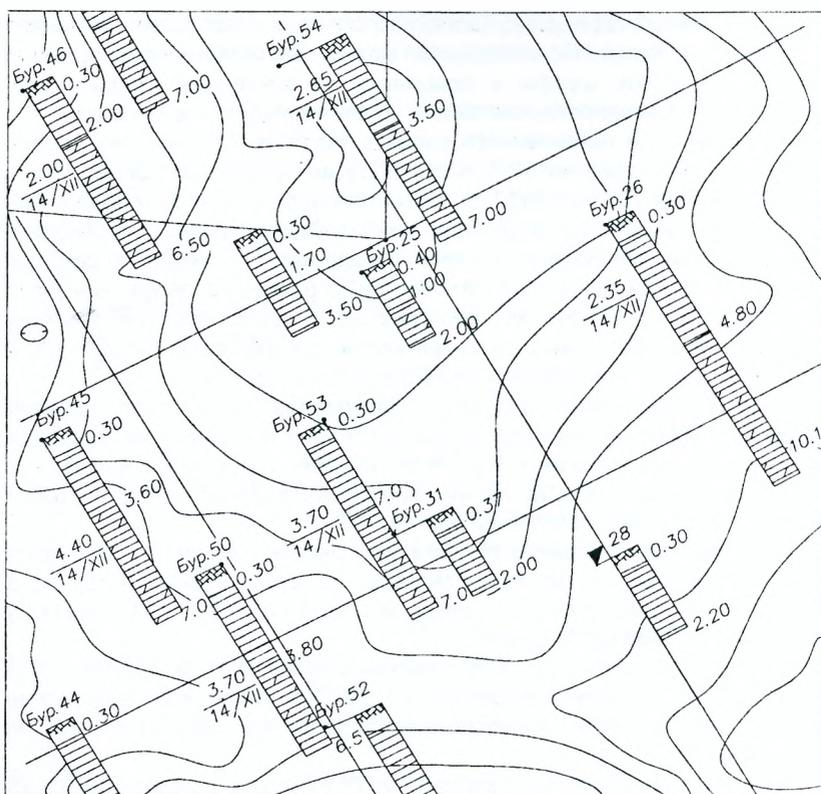


Рисунок 10.1 – Схема закладки шурфов

На участках и трассах светосигнального оборудования, радионавигации, средств посадки и управления воздушным движением с учетом их назначения и конструкции закладывают соответствующие разведочные выработки, производят опробование грунтов и гидрогеологические работы. Разведочные работы на этих сооружениях выполняют аналогично работам под объемные и линейные сооружения. Для определения физико-механических и химических свойств грунтов и почв, изучения их закономерности распространения и прогноза возможных изменений в период строительства и эксплуатации аэродромных сооружений отбирают пробы грунтов и почв. Наиболее детально опробуют горизонты, на которых сказывается наибольшее влияние от нагрузок самолетов, а также горизонты, оказывающие наибольшее влияние на несущую способность и устойчивость аэродромного покрытия, т.е. расположенные ниже дна корыта ВПП на глубину 3,0-5,0 м с построением геологической колонки или разреза (рис.10.2).

Скорость движения грунтовых вод определяют методом наблюдения за изменением цвета или состава воды от загрузочной скважины к наблюдатель-

ной скважине, расположенных вдоль грунтового потока. Коэффициент фильтрации грунтов находится путем измерения скорости грунтового потока, а также проведения опытных откачек из шурфов или лабораторным методом. Путем наблюдения за косвенными признаками (пятнами оголения и т.п.) организации кратковременного наблюдения или стационарных наблюдений по отдельным скважинам определяют колебания уровней воды по сезонам года.

Дополнительно устанавливают источники питания водоносных горизонтов и их связи с открытыми водоемами. Для определения коррозионности воды по отношению к оболочкам кабелей и агрессивности к бетону отбирают пробы воды на химический анализ.

При наличии в районе участка расположения аэродрома рек и водоемов, могущих вызвать периодическое подтопление и затопление участка, дополнительно собирают данные о вероятных уровнях и длительности затопления.

Скв. №4

Индекс	№ слоя	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, мс	Описание грунтов	193.04	Уровень воды, м
Q	1	0.30	0.30	Растительный слой глинистый, темно-серый, тугопластичный, с корнями растений		Воды нет
	2	0.10	0.40	Глина буровато-коричневая, среднетяжелая, тугопластичная		
	3	1.00	0.30	Глина мергелистая, красновато-коричневая, тугопластичная		
P2t	4	2.00	1.00	Мергель глинистый, средней крепости, с прослойками глины		

Рисунок 10.2 – Пример оформления разреза шурфа

Обеспечение строительства аэродрома резервом грунта осуществляется путем выбора земельного участка для организации карьера, расположение которого должно быть согласовано с местными органами.

На участке карьера на предлагаемую глубину выборки грунта закладывают разведочные выработки с размещением в плане по сетке 50x50-100x100 м. Путем отбора проб и их испытаний определяют физические свойства грунтов:

процент засоленности, состав солей, коэффициент стандартного уплотнения. Пробы отбирают из каждого горизонта или через 1 м по глубине. Общее количество проб назначают из расчета одна проба на 5 тыс. м<sup>3</sup> грунта.

Для обеспечения объекта карьерными материалами для строительства аэродромных искусственных покрытий изыскательская партия совместно с заказчиком и подрядной строительной организацией согласовывает карьеры для получения необходимых материалов и составляет транспортную схему их доставки на участок строительства аэродрома.

На основании выполненных полевых изысканий, лабораторных исследований и результатов их обработки составляют отчет об инженерно-геологических и гидрологических изысканиях участка аэродрома.

Отчет должен включать следующие разделы: введение, климатические характеристики, рельеф и геоморфология, гидрографическая сеть, геологическое строение, характеристика почв и растительности, литологическое строение, физико-механические свойства грунтов, гидрогеологические условия, физико-геологические процессы и явления, резерв грунта и карьерные строительные материалы, опыт местного строительства, выводы.

К отчету прилагается следующий графический материал: инженерно-геологическая карта, литологическая карта, карта растительности и угодий, и гидрологическая карта, схема распределения карьеров резерва грунта и строительных материалов, литологические профили, резервы разведочных выработок.

Кроме того, к отчету прилагаются данные лабораторных испытаний грунтов и другие полевые материалы изысканий.

### **10.3. Изыскания для стадии рабочих чертежей**

ИГИ и ГГИ для стадии рабочих чертежей проводят на площади и в объеме, обеспечивающем проектирование аэродромных сооружений по принятому варианту планировки и их конструктивному исполнению. Для этих целей к ранее выполненным изысканиям, например, на ВПП с учетом ее размера и конструкции покрытия при необходимости закладывают дополнительные разведочные выработки и проводят гидрологические исследования с целью уточнения строения грунтов, их физико-механических свойств и гидрологических условий. На РД, МС и перроне проводятся ИГИ и ГГИ в составе и объеме, аналогичных изысканиям ВПП для стадии технического проекта.

По трассам нагорных канав, дренажей и отвода поверхностных вод и искусственных покрытий с учетом их конструкции закладывают разведочные выработки на расстоянии 200-300 м, отбирают пробы грунтов и производят дополнительные гидрологические изыскания. На участках и трассах светосигнального оборудования, радионавигации, средств посадки и управления воздушным движением при необходимости проводят дополнительные исследования. При необходимости уточняют отдельные вопросы по обеспечению проектируемого строительства резервом грунта и карьерными строительными материалами. В результате проведенных изысканий представляют отчет с соответствующими графическими приложениями.

В простых ИГУ и ГГУ и достаточной полноте изысканий для технического проекта дополнительные инженерно-геологические и гидрологические изыскания для стадии рабочих чертежей необязательны.

При очень сложных ИГ и ИГГ условиях обычно возникает потребность контроля и уточнения отдельных вопросов в период строительства. В связи с этим проводят контрольные работы особой программе.

#### **10.4. Инженерно-геологические изыскания в особых условиях**

К особым условиям обычно относят районы распространения специфических по составу, состоянию и свойствам грунтов, т.е. просадочных, засоленных, набухающих, заторфованных, многолетнемерзлых и др., а также районы распространения особых физико-геологических процессов (карста, оползней, сейсмике), опасности подтопления и обрушения берегов паводковыми водами и т.д. При изысканиях следует учитывать специфику изысканий, связанную с особенностями этих грунтов, и пользоваться соответствующей специальной литературой и инструкциями. Ниже приведены особенности проведения инженерно-геологических изысканий в особых условиях.

**Районы распространения просадочных грунтов.** Проходка разведочных выработок производится «всухую».

Глубина выработок определяется мощностью просадочной толщи в основании сооружений (до подстилающего слоя или уровня грунтовых вод) с учетом необходимости изучения мощности и физико-механических свойств подстилающих грунтов. Отбор образцов и монолитов осуществляется без нарушения их естественной структуры и плотности.

Определяют относительную величину просадки, начальное просадочное давление, состав и соединение легкорастворимых солей, содержание гумуса и показатель pH среды. Дается прогноз величины просадок грунта.

Уточняют границы просадочных грунтов с подразделением их по интенсивности просадочных явлений. Собирают данные о наличии деформаций близ расположенных зданий и сооружений и о роли в этих деформациях просадочных явлений и причинах просадок.

**Районы распространения засоленных грунтов.** Проходка разведочных выработок производится «всухую».

Глубина выработок определяется величиной сжимаемой толщи грунтов в основании сооружения с учетом необходимости изучения всей толщи засоленных грунтов. Места заложения выработок должны учитывать особенности проектируемых сооружений и обязательно включать участки максимального и минимального заложения. Оценивают вид, степень и глубину залегания, характер водного режима грунта и соленакопления.

Отбор проб на водные и солено-кислые вытяжки производится чаще и может быть рекомендован с глубины 0-5 см; 5-10; 20-40; 40-70; 70-100; 100-150 см и далее через 0,5 м до уровня грунтовых вод.

Определяют величину суффозионной осадки, дают прогноз изменения гидрогеологических и гидрохимических условий в процессе строительства и эксплуатации аэродрома. Уточняют границы засоленных грунтов с подразделением их по виду и интенсивности.

**Районы распространения набухающих грунтов.** Проходка разведочных выработок производится «всухую».

Глубина выработок зависит от размеров сжимающей толщи, но должна быть не менее размера зоны набухающих грунтов.

Определяют относительное набухание, давление набухания, влажность набухания и относительную усадку при высыхании грунта. Выясняют границу распространения набухающих грунтов.

**Районы распространения заторфованных грунтов и торфяников.** Опорные выработки должны заглубляться в подстилающие грунты не менее чем на 1-2 м. В связи с большой неоднородностью заторфованных грунтов количество выработок должно быть увеличено.

На заболоченных и заторфованных участках производится зондирование по сетке 40x40 м в пределах площади аэродрома и по сетке 100x100 м за его пределами. Дается описание заболоченных и заторфованных грунтов и торфа: количество пней, тип болота, мощность, ботанический состав, степень разложения, степень водонасыщения, плотность, компрессионные свойства, характеристика минерального дна.

Выявляют условия питания заболоченных и заторфованных участков и связь с режимом грунтовых вод и открытых водоемов. Определяют степень и границы заторфованности и составляют карту мощности заболоченных и заторфованных грунтов.

**Районы распространения физико-геологических процессов.**

В районах развития физико-геологических процессов необходимо выполнить прогноз развития таких процессов на период строительства и эксплуатации проектируемых сооружений. Так, при наличии на участке карстовых явлений разведочные выработки следует назначать с учетом результатов геодезических работ. Глубину выработок назначают с учетом возможного влияния карста на сооружения. При этом следует определить растворимость и скорость карстающих грунтов, свободной углекислоты, агрессивности углекислоты и показателя pH, фиксировать провалы инструмента в скважинах, характер циркуляции и поглощения промывочной жидкости при бурении.

В районах развития оползней выработки следует закладывать по створам, пересекающим оползневой склон по линии максимального уклона, и охватывать все характерные элементы рельефа. Глубина выработок определяется необходимостью вскрытия ложа оползня. Следует оценить величины прочностных и деформативных свойств грунта в зависимости от нагрузки и влажности.

В районах повышенной сейсмической активности определяют изменение свойств грунтов под действием динамических нагрузок.

В районах развития подтопления определяют динамику влажности грунтов, производят наблюдения за уровнем грунтовых вод, их агрессивности, количественный прогноз подтопления и изменения свойств грунтов при их полном водонасыщении.

В районах перемещающихся водоемов выработки закладываются по створам, ориентированным нормально к берегу. Глубину скважин определяют их положением над урезом воды и глубиной залегания ослабленных зон (легко размываемых или малопрочных грунтов).

Приложение 1

Таблица 1.1 – Классификация песчаных грунтов

№	Вид грунта	Размер части, мм	Масса частиц в % от массы грунта
1	Гравелистый	> 2	> 25
2	Крупный	> 0.5	> 50
3	Средней крупности	> 0.25	> 50
4	Мелкий	> 0.1	≥ 75
5	Пылеватый	< 0.1	< 75

Таблица 1.2 – Определение вида глинистых грунтов по числу пластичности

ρ	Число пластичности	Вид грунта
1	$1 \leq I_p \leq 7$	Супесь
2	$7 < I_p \leq 17$	Суглинок
3	$I_p > 17$	Глина

Таблица 1.3 – Определение вида песчаных грунтов по прочности (плотности сложения) в зависимости от коэффициента пористости

	Вид грунта	Коэффициент пористости e		
	Песок	Прочный (плотный)	Ср. прочности (ср. плотности)	Слабые (рыхлые)
1	Гравелистый, крупный, и средней крупности	$e < 0.55$	$0.55 \leq e \leq 0.7$	$e > 0.75$
2	Мелкий	$e < 0.6$	$0.6 \leq e \leq 0.75$	$e > 0.75$
3	Пылеватый	$e < 0.6$	$0.6 \leq e \leq 0.80$	$e > 0.75$

Таблица 1.4 – Подразделение песчаных грунтов по степени влажности

Грунт	Степень влажности
Маловлажный	$0 < S_r \leq 0.5$
Влажный	$0.5 < S_r \leq 0.8$
Насыщенный водой	$0.8 < S_r$

Таблица 1.5 – Подразделение пылевато-глинистых грунтов по показателю текучести

Грунт	Показатель текучести	
Супесь:	твердая	$I_L < 0$
	пластичная	$0 \leq I_L \leq 1.0$
	текучая	$I_L > 1.0$
Суглинок и глина:	твердые	$I_L < 0$
	полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0.25$
	тугопластичные	$0.25 < I_L \leq 0.5$
	мягкопластичные	$0.5 < I_L \leq 0.75$
	текучепластичные	$0.75 < I_L \leq 1.0$
текучие	$I_L > 1.0$	

Таблица 1.6 – Нормативные значения модулей деформации песчаных грунтов

Песок	Значение $E$ , Мпа, при коэффициенте пористости $e$			
	0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистый крупный и средней крупности	50	40	30	-
Мелкий	48	38	28	18
Пылеватый	39	28	18	11

Таблица 1.7

Число пластичности грунта $J_p$	$1 < J_p < 10$	$10 < J_p < 14$	$14 < J_p < 22$
Показатель $J_{ss}$	0,1	0,17	0,24

Таблица 1.8 – Нормативные значения удельных сцеплений  $C$ , кПа и углов внутреннего трения  $\varphi$ , град. песчаных грунтов

Песок	Характеристика	Значения $c$ и $\varphi$ при коэффициенте пористости $e$			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистый и крупный	$c$	2	1	0	-
	$\varphi$	43	40	38	-
Средней крупности	$c$	3	2	1	-
	$\varphi$	40	38	35	-
Мелкий	$c$	6	4	2	0
	$\varphi$	38	36	32	28
Пылеватый	$c$	8	6	4	2
	$\varphi$	36	34	30	26

Таблица 1.9 – Нормативные значения удельных сцеплений  $C$ , кПа и углов внутреннего трения  $\varphi$ , град. пылевато-глинистых грунтов четвертичных отложений

Грунт	Показатель текучести	Характеристика	Значения $c$ и $\varphi$ при коэффициенте пористости $e$						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супесь	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$c$	21	17	15	13	-	-	-
		$\varphi$	30	29	27	24	-	-	-
Суглинок	$0,25 \leq I_L \leq 0,75$	$c$	19	15	13	11	9	-	-
		$\varphi$	28	26	24	21	18	-	-
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$c$	47	37	31	25	22	19	-
		$\varphi$	26	25	24	23	22	20	-
$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	$c$	39	34	28	23	18	15	-	
	$\varphi$	24	23	22	21	19	17	-	
$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	$c$	-	-	25	20	16	14	12	
	$\varphi$	-	-	19	18	16	14	12	
Глина	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$c$	-	81	68	54	47	41	36
		$\varphi$	-	21	20	19	18	16	14
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	$c$	-	-	57	50	43	37	32
		$\varphi$	-	-	18	17	16	14	11
	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	$c$	-	-	45	41	36	33	29
		$\varphi$	-	-	15	14	12	10	7

Таблица 1.10 – Нормативные значения модулей деформации E пылевато-глинистых грунтов

Возраст и происход. грунтов	Грунт	Показатель текучести	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	
			Четвертичные отложения аллювиальные, делювиальные, озерно-аллювиальные	Супесь	$0 \leq I_L \leq 0,75$	32	24	16	10	7	-	-
	Суглинок	$0 \leq I_L \leq 0,25$	34	27	22	17	14	11	-	-	-	
		$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	32	25	19	14	11	8	-	-	-	
		$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	-	-	17	12	8	6	5	-	-	
	Глина	$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	28	24	21	18	15	12	-	-	
		$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	-	-	21	18	15	12	9	-	-	
		$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	-	-	-	15	12	9	7	-	-	
Флювиогляциальные	Супесь	$0 \leq I_L \leq 0,75$	33	24	17	11	7	-	-	-	-	
		Суглинок	$0 \leq I_L \leq 0,25$	40	33	27	21	-	-	-	-	-
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	35	28	22	17	14	-	-	-	-
	Супесь и суглинок	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	-	-	17	13	10	7	-	-	-	
		$I_L \leq 0,5$	55	45	-	-	-	-	-	-	-	
Юрские отложения оксфордского яруса	Глина	$-0,25 \leq I_L \leq 0$	-	-	-	-	-	27	25	22	-	
		$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	-	-	-	-	24	22	19	15	
		$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	-	-	-	-	-	-	-	16	12	

Таблица 1.11 – Расчетные сопротивления  $R_0$  крупнообломочных и песчаных грунтов

Вид грунта	$R_0$ , Кпа
Крупные	600/500
Средней крупности	500/400
Мелкие:	
маловлажные	400/300
влажные и насыщенные водой	300/200
Пылеватые:	
маловлажные	300/250
влажные	200/150
насыщенные водой	150/100

Значения  $R_0$  для плотных песков даны перед чертой, для песков средней плотности – за чертой.

Таблица 1.12 –  $R_0$  для пылевато-глинистых грунтов

Вид грунта	$R_0$ , кПа	
Супеси с коэффициентом пористости $e$ :	0,5	300/300
	0,7	250/200
Суглинки с коэффициентом пористости $e$ :	0,5	300/250
	0,7	250/180
	1,8	200/100

Продолжение табл. 1.12

Глины с коэффициентом пористости $\epsilon$ :	0,5	600/400
	0,6	500/300
	0,8	300/200
	1,0	250/100

Значения  $R_o$  при  $l_L = 0$  даны перед чертой, при  $l_L = 1$  – за чертой. При промежуточных значениях  $\epsilon$  и  $l_L$  значения  $R_o$  определяются интерполяцией.

Таблица 1.13 – Функция  $f(S/H_0)$

S/H <sub>0</sub>	f(S/H <sub>0</sub> )	S/H <sub>0</sub>	F(S/H <sub>0</sub> )	S/H <sub>0</sub>	F(S/H <sub>0</sub> )
0,01	0,010	0,34	0,416	0,67	1,109
0,02	0,020	0,35	0,431	0,68	1,139
0,03	0,030	0,36	0,446	0,69	1,172
0,04	0,040	0,37	0,462	0,70	1,204
0,05	0,051	0,38	0,478	0,71	1,238
0,06	0,062	0,39	0,494	0,72	1,273
0,07	0,073	0,40	0,510	0,73	1,309
0,08	0,083	0,41	0,527	0,74	1,347
0,09	0,094	0,42	0,545	0,75	1,386
0,10	0,105	0,43	0,562	0,76	1,427
0,11	0,117	0,44	0,580	0,77	1,470
0,12	0,128	0,45	0,598	0,78	1,514
0,13	0,139	0,46	0,616	0,79	1,561
0,14	0,151	0,47	0,635	0,80	1,609
0,15	0,163	0,48	0,654	0,81	1,661
0,16	0,174	0,49	0,673	0,82	1,715
0,17	0,186	0,50	0,693	0,83	1,771
0,18	0,196	0,51	0,713	0,84	1,838
0,19	0,210	0,52	0,734	0,85	1,897
0,20	0,223	0,53	0,755	0,86	1,966
0,21	0,236	0,54	0,777	0,87	2,040
0,22	0,243	0,55	0,799	0,88	2,120
0,23	0,261	0,56	0,821	0,89	2,207
0,24	0,274	0,57	0,844	0,90	2,303
0,25	0,283	0,58	0,868	0,91	2,402
0,26	0,301	0,59	0,892	0,92	2,526
0,27	0,315	0,60	0,916	0,93	2,659
0,28	0,329	0,61	0,941	0,94	2,813
0,29	0,346	0,62	0,957	0,95	2,996
0,30	0,357	0,63	0,994	0,96	2,219
0,31	0,371	0,64	1,022	0,97	3,507
0,32	0,385	0,65	1,050	0,98	3,912
0,33	0,400	0,66	1,079	0,99	4,605

**Приложение 2**  
**(рекомендуемое СНБ [1])**

**2.1. Ориентировочные значения глубины выработок и зондирования  
(пенетрационного каротажа) при проектировании на естественных  
основаниях**

Таблица 2.1

Ленточный фундамент		Отдельная опора	
Нагрузка, кН/м	Глубина выработки (зондирования), м	Нагрузка, кН/м	Глубина выработки (зондирования), м
До 100	4-6	До 500	4-6
200	6-8	1000	5-7
500	9-12	2500	7-9
700	12-15	5000	9-13
1000	15-20	10000	11-15
2000	20-23	15000	12-19
		50000	18-26

Примечания

1. Глубина выработки отсчитывается от подошвы фундамента.
2. Меньшие значения глубины принимаются при отсутствии грунтовых вод в сжимаемой толще, большие – при их наличии.

**2.2. Содержание задания на инженерно-гидрометеорологические изыскания**

Наименование объекта, характеристика строительства (новое, реконструкция, расширение, техническое перевооружение).

Местоположение и границы района, пункта, площадки, участка, трассы, их конкурентных вариантов. Заказчик, его ведомственная принадлежность. Проектная организация – генеральный проектировщик (иная организация, предприниматель), выдающая техническое задание. Стадия проектирования.

Вид сооружений, класс ответственности. Сведения о ранее выполненных изысканиях (исследованиях), местонахождение материалов. Сведения о намечаемых видах инженерных изысканий. Требования к составу данных, обеспеченности расчетных характеристик. Дополнительные требования к изысканиям и материалам отчета. Сроки представления промежуточных материалов и отчета, количество экземпляров.

Фамилия, имя, отчество, телефон, факс ответственного представителя заказчика.

Приложения: картосхема района работ с указанием границ района (пункта, площадки, участка, трассы ) и пунктов наблюдений.

### **2.3. Состав и содержание отчета (заключения) об инженерно-гидрометеорологических изысканиях**

Текст отчета (заключения) должен содержать следующие разделы и сведения.

Введения – основание для проведения изысканий, местоположение района (пункта, площадки, участка, трассы), сведения и данные по проектируемому объекту, состав изысканий, их задачи, период (время) проведения, изменения программы изысканий, состав исполнителей. Природные условия района – климат, рельеф, гидрография, гидрометеорологические процессы и явления и др.

Гидрометеорологическая изученность – имеющиеся материалы, их оценка и обоснование возможности использования. Состав, объем и методы работ – характеристика работ, методов исследований с необходимыми ссылками на нормативные документы. Результаты изысканий, анализ результатов работ, оценка гидрологического режима (климатических условий) за период работ.

Расчетные характеристики – методы их определения, исходные данные для расчетов, при необходимости – методы (способы) их получения; достоверность расчетов оценка гидрометеорологических условий объекта, требуемые расчетные знания характеристик.

Выводы – основные выводы о гидрометеорологических условиях объекта, достаточности материалов для проектных решений, рекомендации по инженерной защите, охране природной среды, дальнейшему проведению изысканий, необходимости специальных работ и исследований.

Список использованной литературы – публикации, фондовые и архивные материалы, использованные при проведении изысканий и составлении отчета.

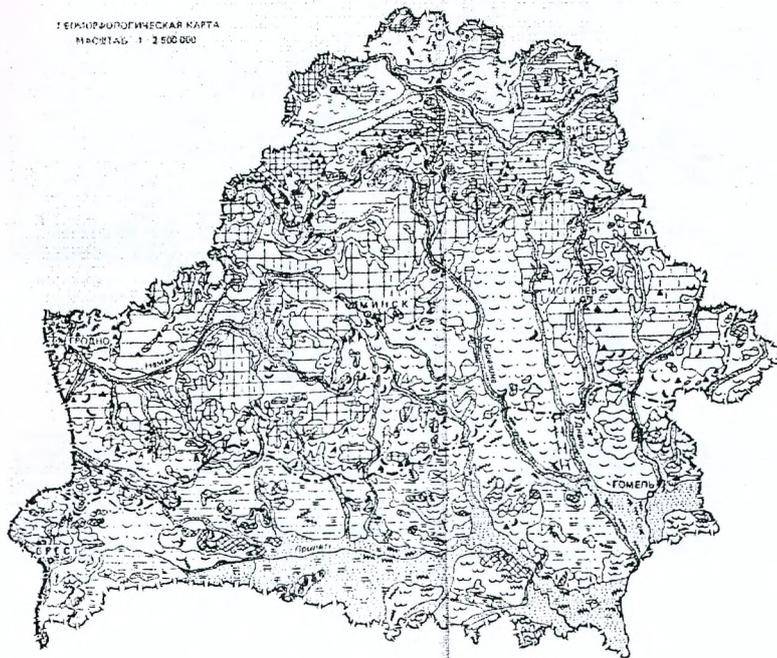
Структура отчета – (количество и наименование разделов и подразделов) должна устанавливаться в зависимости от конкретных задач изысканий, объема и содержания материалов. В случае применения нестандартных методов работ (исследований) необходимо с достаточной полнотой характеризовать методику исследований и интерпретацию данных со ссылками на источники информации и фактический материал в разделах или выделять раздел «Методы работ (исследований)». При развитии опасных гидрометеорологических процессов и существенном влиянии на проектные решения, их характеристику следует приводить в специальном разделе.

Текстовые и графические приложения должны включать программу (предписание) изысканий с копией задания заказчика, обзорную карту с границами района, пункта, площадки, участка, трассы, их вариантов, пунктов наблюдений, табличные и графические материалы с результатами работ и исходными данными для расчетов.



## Схема оформления геоморфологической карты

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА  
МАСШТАБ 1:2 500 000



### ГРАНИЦЫ ОЛЕДЕНЕНИЙ

поозерского  
сожского

### АККУМУЛЯТИВНЫЕ И ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА

-  Грядово-холмистые краевые ледниковые образования поозерского оледенения
-  Грядово-холмистые и холмисто-увалистые краевые ледниковые образования сожского оледенения
-  Холмисто-увалистые и увалистые краевые ледниковые образования днепровского оледенения
-  Холмистые и волнистые моренные равнины поозерского оледенения
-  Увалистые и пологоволнистые моренные равнины сожского оледенения
-  Пологоволнистые моренные равнины днепровского оледенения
-  Мелкохолмистые и пологоволнистые флювиогляциальные равнины и низины поозерского оледенения
-  Волнистые и пологоволнистые флювиогляциальные равнины и низины сожского оледенения
-  Пологоволнистые флювиогляциальные равнины и низины днепровского оледенения
-  Плоские и пологоволнистые ледниково-озерные равнины и низины поозерского оледенения
-  Холмисто-западинные камовые массивы поозерского оледенения
-  Холмисто-западинные камовые массивы сожского оледенения
-  Плоские озерно-аллювиальные низины поозерского возраста
-  Аллювиальные низины и долины рек поозерско-голоценового возраста
-  Заболоченные поверхности
-  Поверхности, перекрытые лессовидными отложениями

### ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

-  Краевые ледниковые гряды
-  Камы
-  Озы
-  Флювиогляциальные дельты
-  Эоловые холмы и гряды
-  Овраги, балки
-  Абразионные уступы
-  Древние долины
-  Котловины озер, водохранилищ

## Литература

1. Инженерные изыскания для строительства: БНБ 1.02.01 – 96. Министерство строительства и архитектуры РБ. – Минск, 1996. – 110 с.
2. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения: ГОСТ 30416-96. – Минск, 1997.
3. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов: ГОСТ 12071 – 84: Госстрой СССР. – М., 1986.
4. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического и микроагрегатного состава: ГОСТ 12536 – 79: Госстрой СССР. – М., 1980.
5. Грунты. Классификация: СТБ 943-93. – Минск, 1995.
6. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик: ГОСТ 5180-84. – Госстрой СССР. – М., 1986.
7. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5-01-01-99. – Минск, МАиС, 1999. – 35 с.
8. Бондарик, Г.К. Методика инженерно-геологических исследований. – М., 1986.
9. Золотарев, Г.С. Методика инженерно-геологических исследований. – М., Изд. Московского университета, 1990. – 384 с.
10. Ананьев, В.П., Коробкин, В.И. Инженерная геология. – М.: Высшая школа, 1973. – 299 с.
11. Пешковский, Л.М., Перескокова, Т.М. Инженерная геология. – М.: Высшая школа, 1971. – 366 с.
12. Чаповский, Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. Изд. 4-е. – М.: Недра, 1975. – 303 с.
13. Изыскания и проектирование аэродромов. Справочник / Под редакцией Г.И. Глушкова и Д.А. Могилевского. – М.: Транспорт, 1979. – 327 с.
14. Костюкович П.Н., Крошнер И.П. Новая методология инженерно-геологических изысканий для увлажняемых и водонасыщенных геоснований Беларуси // Природные ресурсы. – Минск, 2009. – №1. – С. 22-28.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
ГЛАВА I. Основные задачи, решаемые при инженерно-геологических изысканиях при проектировании и строительстве дорог, дорожных сооружений и аэродромов .....	4
1.1. Задачи инженерно-геологических исследований .....	4
1.2. Требования, предъявляемые к изысканиям при проектировании и строительстве дорог, дорожных сооружений и аэродромов .....	5
1.3. Исследования на различных стадиях проектирования .....	5
1.3.1. Инженерно-геологическая рекогносцировка .....	6
1.3.2. Инженерно-геологическая съемка .....	6
1.3.3. Виды работ, проводимых при инженерно-геологических изысканиях .....	7
1.3.4. Предварительные камеральные работы .....	7
1.3.5. Маршрутные и аэровизуальные наблюдения .....	7
1.3.6. Геофизические исследования .....	8
1.3.7. Виды горных выработок .....	8
1.3.8. Полевые методы исследования грунтов .....	9
1.3.8.1. Исследование грунтов в полевых условиях методом зондирования .....	9
1.3.8.2. Опробование грунтов и горных пород .....	10
1.3.9. Гидрогеологические исследования .....	11
1.3.10. Предварительные ИГИ .....	11
1.3.11. Лабораторные исследования грунтов и подземных вод .....	12
1.3.12. Специальные полевые и лабораторные исследования грунтов .....	13
1.3.13. Стационарные наблюдения .....	13
ГЛАВА 2. Виды изысканий .....	14
2.1. Изыскания для предпроектной документации .....	14
2.1.1. Инженерно-геологические изыскания .....	14
2.1.2. Объекты наблюдений при ИГИ .....	14
2.1.3. Особенности изысканий для предпроектной документации .....	15
2.2. Изыскания для проекта (рабочего проекта) .....	15
2.2.1. Общие положения при ИГИ .....	15
2.2.2. Инженерно-геологическая съемка (ИГС) .....	16
2.2.3. Полевые и лабораторные исследования .....	16
2.2.4. Гидрогеологические исследования .....	16
2.2.5. Стационарные наблюдения .....	17
2.3. Изыскания для рабочей документации .....	17
2.3.1. Инженерно-геологические изыскания .....	17
2.3.2. Геофизические исследования и зондирование .....	17
2.3.3. Исследования для проектирования фундаментов мелкого и глубокого заложения .....	18
2.3.4. Исследования на участках ограждающих дамб и плотин .....	18
2.4. Изыскания в период строительства .....	19
2.4.1. Особенности изысканий .....	19
2.4.2. Виды работ .....	19
2.5. Изыскания по окончании строительства .....	20
2.6. Дополнительные требования к изысканиям при реконструкции зданий и сооружений .....	20
2.7. Дополнительные требования к изысканиям в районах распространения специфических грунтов .....	21
2.7.1. Элювиальные грунты .....	21
2.7.2. Слабые грунты .....	22
2.7.3. Искусственные грунты .....	23
2.7.4. Просадочные грунты .....	24
ГЛАВА 3. Дополнительные требования к изысканиям в районах развития опасных геологических процессов .....	26
3.1. Склоновые процессы .....	26
3.2. Особенности изысканий при наличии склоновых процессов .....	27
3.3. Карст .....	27
3.4. Переработка берегов водохранилищ, озер и рек .....	29
ГЛАВА 4. Инженерно-гидрометеорологические изыскания .....	30
4.1. Общие требования .....	30
4.2. Состав работ инженерно-гидрометеорологических изысканий .....	30
4.3. Объем изысканий для проектной документации .....	31
4.4. Изыскания для рабочего проекта .....	32

4.5. Изыскания для трасс линейных сооружений .....	33
4.6. Изыскания для реконструкции и технического перевооружения объектов .....	34
4.7. Изыскания при наличии опасных гидрометеорологических процессов и явлений .....	35
ГЛАВА 5. Инженерно-геологические исследования при проектировании и строительстве автомобильных дорог .....	36
5.1. Введение .....	36
5.2. Особенности ИГИ при строительстве дорог .....	37
5.3. Лабораторные методы испытания грунтов .....	38
5.3.1. Определение плотности грунтов .....	38
5.3.2. Определение гранулометрического состава песчаных грунтов .....	39
5.3.2.1. Ситовый метод определения гранулометрического состава грунтов .....	39
5.3.3. Определение естественной влажности .....	40
5.3.4. Определение плотности сухого грунта, коэффициента пористости степени влажности .....	40
5.3.5. Определение оптимальной влажности и степени уплотнения грунта .....	41
5.3.6. Определение состояния связных грунтов .....	42
5.3.7. Определение набухания и усадки связных грунтов .....	44
ГЛАВА 6. Определение деформативных и прочностных характеристик грунтов .....	45
6.1. Определение сжимаемости грунтов .....	45
6.2. Определение прочности грунтов .....	47
6.3. Определение показателей прочности грунта методом прямого среза образца .....	47
6.4. Водопроницаемость грунтов .....	48
6.5. Определение угла естественного откоса сыпучих грунтов .....	49
6.6. Полевые методы исследования грунтов .....	50
6.7. Методы зондирования .....	50
6.8. Изыскания для обоснования рабочего проекта .....	51
ГЛАВА 7. Инженерно-геологическое исследование при строительстве мостовых переходов .....	52
7.1. Общие определения .....	52
7.2. Вертикальное электрическое зондирование .....	54
7.3. Буровые работы .....	55
7.4. Метаморфические работы .....	57
7.4.1. Установление характерных уровней .....	58
7.4.2. Построение продольного профиля реки .....	58
7.4.3. Выбор и съемка морфостворов .....	59
ГЛАВА 8. Содержание задания и составление отчета по ИГИ .....	61
8.1. Содержание задания на инженерно-геологические изыскания .....	61
8.2. Состав и содержание отчета (заключения) об инженерно-геологических изысканиях .....	62
8.2.1. Изыскания для предпроектной документации .....	62
8.3. Изыскания для проекта .....	63
8.4. Изыскания для рабочего проекта или рабочей документации .....	64
ГЛАВА 9. Изыскания при строительстве аэродромов .....	65
9.1. Общие сведения .....	65
9.2. Основные элементы аэродромов и их назначение .....	66
9.3. Классификация аэродромов .....	68
9.4. Требования к участкам расположения аэродромов и задачи изысканий .....	69
9.5. Организация изыскательских работ .....	70
9.6. Выбор участков для строительства аэродромов .....	71
9.7. Сопоставление вариантов и выбор окончательного места расположения аэродрома .....	73
ГЛАВА 10. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания при строительстве аэродромов .....	74
10.1. Задачи и методы инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий .....	74
10.2. Состав и объем инженерно-геологических и гидрогеологических работ при изысканиях аэродромов .....	74
10.3. Изыскания для стадии рабочих чертежей .....	78
10.4. Инженерно-геологические изыскания в особых условиях .....	79
Приложение 1 .....	81
Приложение 2 .....	85
Приложение 3 .....	87
Литература .....	89

Учебное издание

**Грицук Михаил Степанович**

**ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ИЗЫСКАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ,  
ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
И АЭРОДРОМОВ**

Курс лекций для студентов специальности 70 03 01  
«Автомобильные дороги»

Издание 2, переработанное и дополненное

Ответственный за выпуск **Грицук М.С.**  
Редактор **Строкач Т.В.**  
Компьютерная вёрстка **Кармаш Е.Л.**  
Корректор **Никитчик Е.В.**

ISBN 978-985-493-150-0



Издательство БрГТУ.

Лицензия № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.

Подписано к печати 15.04.2010 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага «Снегурочка». Гарнитура «Arial».

Усл.п.л. 5,4. Уч.-изд.л. 5,75. Тираж 100 экз. Заказ № 421.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет»  
224017, Брест, ул. Московская, 267.