

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Факультет инженерных систем и экологии  
Кафедра природообустройства

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой  
природообустройства

 О.П.Мешик

« 22 » 12 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета  
инженерных систем и экологии

 А.А.Волчек

« 26 » 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ИЗЫСКАНИЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ»**

для специальности:

1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство»

Составители: Стельмашук С.С., доцент, кандидат технических наук  
Дашкевич Д.Н., старший преподаватель

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического Совета  
университета 29.12.2022 г., протокол № 3.

рез. Н.УМК 22/23 - 112

## Пояснительная записка

### *Актуальность изучения дисциплины*

Инженерные изыскания определяют качество не только этапа проектирования водохозяйственных объектов, но и этапов их строительства и последующей эксплуатации. Специфическая роль и значение изысканий состоит в том, что они, являясь начальным звеном поэтапного производственного процесса, составляют его информационную инженерно-экологическую основу. Строительная климатология обеспечивает научно обоснованный учёт местных климатических и метеорологических условий объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства и обустройства территорий, что позволяет повышать технико-экономическую и экологическую эффективность проектных решений.

### *Цель и задачи дисциплины*

Целью преподавания дисциплины «Изыскания и строительная климатология» является получение студентами знаний о видах и методах проведения инженерных изысканий, метеорологических факторах и закономерностях формирования климата, а также способах определения расчетных климатических характеристик, используемых для проектирования мелиоративных и водохозяйственных объектов.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение роли и содержания комплексных инженерных изысканий для проектирования, строительства и охраны природы;
- освоение теоретических основ и технических условий проведения комплексных изысканий в строительстве;
- приобретение методических навыков организации и выполнения изысканий в полевых и камеральных условиях;
- оценка климатических ресурсов территории и их влияния на объекты водохозяйственного строительства;
- изучение метеорологических элементов и приборов, способов наблюдений и обработки информации;
- освоение методов расчета климатических характеристик и параметров для строительного проектирования.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» дневной формы получения образования по изучению дисциплины «Изыскания и строительная климатология».

ЭУМК разработан в соответствии со следующими нормативными документами:

- Положением об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденным постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 167 от 26.07.2011 г.

- Положением об учебно-методическом комплексе по учебной дисциплине учреждения образования «Брестский государственный технический университет» № 12 от 31.01.2019 г.

- Учебной программой по дисциплине «Изыскания и строительная климатология», утвержденной «24» декабря 2019 г., регистрационный номер № УД-19-2-352/уч.

Цели ЭУМК:

– обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;

– организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем УМК полностью соответствуют образовательному стандарту высшего образования ОСВО 74 05 01 «Образовательный стандарт высшего образования. Высшее образование. Первая ступень Специальность 74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство», а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования. Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

*Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Изыскания и строительная климатология»*

**Теоретический раздел** ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен курсом лекций.

**Практический раздел** ЭУМК содержит в электронном виде материалы для проведения практических занятий на протяжении одного семестра.

**Раздел контроля знаний** ЭУМК содержит примерный перечень вопросов, выносимых на зачет, позволяющих определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

**Вспомогательный раздел** включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Изыскания и строительная климатология».

*Рекомендации по организации работы с ЭУМК:*

- при изучении теоретического материала дисциплины, выполнению самостоятельных работ, подготовке к практическим занятиям и зачету, студенты могут использовать конспект лекций и пособия для практической работы;

- практические занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических материалов;

- зачет проводится с использованием вопросов, приведенных в разделе контроля знаний.

ЭУМК направлен на повышение эффективности учебного процесса и организацию целостности системы учебно-предметной деятельности по дисциплине «Изыскания и строительная климатология». В этом контексте организация изучения дисциплины на основе УМК предполагает продуктивную учебную деятельность, позволяющую сформировать профессиональные компетенции будущих специалистов, обеспечить развитие познавательных и созидательных способностей личности.

ЭУМК способствует успешному усвоению студентами учебного материала, дает возможность планировать и осуществлять самостоятельную работу студентов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствование методики проведения занятий.

## ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

### 1 Теоретический раздел

Конспект лекций по дисциплине «Изыскания и строительная климатология»

Лекция № 1 Введение. Общие сведения об изысканиях и строительной климатологии. Значение комплексных исследований для мелиоративного, дорожного и водохозяйственного строительства.

Лекция № 2 Инженерно-геодезические изыскания.

Лекция № 3 Комплексные почвенно-мелиоративные исследования.

Лекция № 4 Гидрологические и гидрометеорологические исследования.

Лекция № 5 Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования.

Лекция № 6 Мелиоративно-гидротехнические и экологические исследования.

Лекция № 7 Основы общей климатологии.

Лекция № 8 Расчетные климатические параметры для строительного проектирования.

### 2 Практический раздел

Электронные методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Изыскания и строительная климатология».

### 3 Раздел контроля знаний

Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Изыскания и строительная климатология».

### 4 Вспомогательный раздел

Учебная программа по дисциплине «Изыскания и строительная климатология» для студентов специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство».

**1 Теоретический раздел**  
**Конспект лекций по дисциплине**  
**«Изыскания и строительная климатология»**

## Лекция № 1

Введение. Общие сведения об изысканиях и строительной климатологии. Значение комплексных исследований для мелиоративного, дорожного и водохозяйственного строительства.

1. Предмет и значение изысканий и климатологии для водохозяйственного строительства.
2. Комплексность изысканий, климатологии и их связь с другими науками.
3. Понятие о погоде и климате.
4. Из истории развития метеорологии и климатологии.
5. Классификация изысканий.
6. Стадийность проектирования и изысканий.
7. Виды объектов строительства и особенности их изысканий.
8. Организация изыскательских работ.

### **1. Предмет и значение изысканий и климатологии для водохозяйственного строительства.**

Создание и использование сельскохозяйственных объектов представляют собой комплекс последовательно взаимосвязанных звеньев или этапов: 1 – *изыскания*; 2 – *проектирование*; 3 – *строительство*; 4 – *эксплуатация*. При создании сложных объектов, имеющих важное народнохозяйственное и экологическое значение, приведенным выше этапам может предшествовать этап научного обоснования. Для объектов, включающих проектирование инженерных сооружений, проводятся *инженерные изыскания*.

В целом *комплексные инженерные изыскания* можно определить как процесс всестороннего изучения природно-хозяйственных условий района (участка) предполагаемого строительства с целью получения необходимых и достаточных исходных материалов для разработки технически обоснованных, экономически целесообразных и экологически безопасных решений при проектировании, строительстве и эксплуатации объекта.

Значение инженерных изысканий для водохозяйственного строительства следует рассматривать в двух аспектах. Во-первых, в плане непосредственного их влияния на технико-экономическую эффективность последующих этапов производства, во-вторых – в обеспечении земельного, водного и природоохранного законодательств.

Изыскания, как первый и наиболее ответственный этап строительного производства, во многом определяют его итоговое качество. Ошибочные или неполные данные изысканий неизбежно приводят к некачественному проектированию и строительству. В результате низкого качества изысканий увеличиваются продолжительность, стоимость строительства и срок окупаемости объекта, снижается срок его эксплуатации.

Для обоснованного проектирования и эффективной эксплуатации объектов сельского строительства необходим объективный учет климатических и метеорологических условий конкретной территории.

Свойства земной атмосферы, происходящие в ней процессы и явления, изучаются в *метеорологии*. Задачи современной метеорологии не ограничиваются объяснением физической сущности атмосферных явлений и процессов. Достижения передовой науки должны быть направлены на удовлетворение насущных практических потребностей человека, т.е. их необходимо внедрять в народное хозяйство.

В связи с этим практическими задачами метеорологии являются: 1) обеспечение народного хозяйства метеорологической информацией с целью наиболее полного и эффективного использования благоприятных погодных условий и климатических ресурсов; 2) повышение оправдываемости и увеличение заблаговременности прогнозов метеорологических условий; 3) предотвращение или сокращение до минимума ущерба от опасных (стихийных) метеорологических явлений.

*Климатология* (как раздел метеорологии) изучает многолетний режим погоды отдельных районов в зависимости от их географического положения и физико-географических особенностей.

Применительно к сельской территории *строительная климатология* – это отрасль науки, изучающая влияние климата и погоды на выбор архитектурно-планировочных решений, материалов и конструкций объектов агропромышленного и гражданского назначения, технологию и организацию строительного производства.

Практическое значение климатологии и метеорологии особенно велико в сельском хозяйстве и строительстве. Учет климатических особенностей необходим для рационального земледелия, обустройства сельской территории, проектирования зданий, сооружений, дорог, мостов и других объектов.

## **2. Комплексность изысканий, климатологии и их связь с другими науками**

Характерной особенностью изысканий для сельского строительства является их специфическая *комплексность*, предполагающая параллельное проведение различных видов исследований. Это связано с необходимостью всестороннего учета и анализа природных условий, во взаимодействии с которыми будет находиться проектируемое сооружение или здание.

Условия эти, как правило, многообразны и относятся практически ко всем *геосферам* – физическим оболочкам Земли. Изучением каждой из геосфер занимается соответствующая область науки. Для исследований *гидросферы* используются методы гидрологии, гидрографии, гидрогеологии; *литосферы* – геологии, грунтоведения; *атмосферы* – метеорологии, климатологии; *биосферы* – почвоведения, геоботаники и др. Рельеф и форма отдельных участков земной поверхности изучаются с привлечением методов геоморфологии, геодезии и картографии.

Изучение каждого вида (компонента) природных условий основано на специфических, присущих данной науке методах и средствах исследований. Поэтому в практике строительства возникла необходимость *специализации*



изыскательских подразделений (партий, бригад) по отдельным видам изысканий: инженерно-геодезическим, инженерно-геологическим и гидрогеологическим, почвенным и ботанико-культуртехническим, гидрологическим.

Выделяются следующие науки, связанные с метеорологией и климатологией.

1. Общенаучные (или базовые) – *физика, химия, математика*.

Процессы, происходящие в атмосфере возникают и развиваются в результате превращений энергии, поступающей к Земле от Солнца. При изучении этих процессов широко используются законы, установленные в различных областях физики (гидромеханике, термодинамики, учении о лучистой энергии и т.д.).

2. Географические – *физическая география*. Поскольку атмосфера находится в постоянном взаимодействии с поверхностью Земли, при изучении процессов происходящих в ней, учитывается также влияние географических факторов (характера поверхности, особенностей рельефа и т.д.). Это сближает метеорологию – науку в основном физическую – с географическими науками.

3. Смежные – *гидрология, океанология*. Метеорология тесно связана с гидрологией и океанологией, с которыми ее роднит взаимосвязь процессов, происходящих в жидкой и газообразной оболочках Земли, а также с рядом дисциплин прикладного характера.

Расширение и углубление знаний о процессах и явлениях, происходящих в атмосфере, привело к выделению из метеорологии ряда других самостоятельных наук (научных дисциплин), имеющих свои объекты изучения и выработавших свои методы и приемы исследований. К таким наукам относятся прежде всего *физика атмосферы*, изучающая физические закономерности атмосферных явлений и процессов; *синоптическая метеорология*, изучающая теоретические вопросы физики атмосферы с широким использованием современного математического аппарата. В связи с определяющим влиянием земной поверхности на физические процессы, происходящие в атмосфере и особенно в ее нижнем, так называемом пограничном, слое (высотой до 1,5 км), выделена *физика пограничного слоя атмосферы*. Процессы, происходящие в более высоких слоях атмосферы (до нескольких десятков километров), изучает *аэрология* или физика свободной атмосферы. Наконец, в связи с интенсивным развитием космонавтики значительное развитие получила *аэрномия*, наука, изучающая высокие слои атмосферы (более 100 км).

Выделяются также: *актинометрия, физика облаков, оптика атмосферы*.

4. Отраслевые. В процессе практического использования метеорологических сведений выделились прикладные отрасли метеорологии. Важнейшие из них: *сельскохозяйственная метеорология (агрометеорология), авиационная метеорология, космическая метеорология, морская метеорология* и другие.

### 3. Понятие о погоде и климате

В земной атмосфере постоянно происходят разнообразные физические процессы, непрерывно меняющие ее состояние. Для количественной и качественной характеристики состояния атмосферы используется ряд метеорологических величин и явлений. Существенная особенность метеорологических величин и явлений состоит в их непрерывном и сравнительно быстром изменении во времени и пространстве.

*Непрерывно изменяющееся состояние атмосферы, характеризующееся в определенный момент времени совокупностью метеорологических величин и явлений, называется погодой.*

При этом можно говорить о погоде в определенной точке пространства, в том или ином районе, в городе, по маршруту, трассе и т.д.

С понятием «погода» тесно связано понятие «климат».

*Климатом называется многолетний режим условий погоды, характерный для данной местности.*

Климат, в отличие от погоды, обладает относительной устойчивостью и является важной физико-географической характеристикой местности. Период для характеристики климата должен составлять не менее нескольких десятилетий и быть достаточным для обоснования его вероятностно-статистических параметров.

Климат является одним из важнейших природных факторов, под непосредственным влиянием которых протекает большинство процессов в верхней части земной коры, атмосфере, гидросфере и биосфере. Он оказывает существенное влияние на развитие жизни, интенсивность разрушений земной поверхности, накопление разнообразных осадочных горных пород, полезных ископаемых, на конструкции возводимых зданий, сооружений и технологию их строительства.

Таким образом, погода и климат характеризуются определенным сочетанием метеорологических величин и явлений. Они относятся к важнейшим элементам окружающей природной среды, в которой протекает жизнь и хозяйственная деятельность людей.

### 4. Из истории развития метеорологии и климатологии

Научное изучение атмосферы ведет свое начало с XVII в. и совпадает с периодом бурного расцвета других естественных наук. В этот период были изобретены первые метеорологические приборы: *термометр* (Галилей, 1597 г.), *барометр* (Торричелли, 1643 г.), *дождемер*, *флюгер* и др., которые дали возможность проводить регулярные инструментальные наблюдения за температурой, давлением, осадками, ветром. В конце XVII в. – начале XVIII в. в некоторых европейских странах были сделаны попытки организовать одновременные наблюдения за погодой и климатом. В результате был получен хотя и большой, но разрозненный материал.

Следующий этап развития метеорологии начинается работами гениального русского ученого *М.В.Ломоносова*. В середине XVIII в. он

изобрел и построил ряд метеорологических приборов, в т.ч. *анемометр и морской барометр*. Он также разработал схему образования грозы, высказал мысль о необходимости создания самопишущих приборов для регистрации атмосферных явлений, указал на важность умения предсказывать погоду.

Начало регулярных метеорологических наблюдений в России было положено при *Петре 1*. В обязанности открытой в Петербурге в 1725 г. Академии входило «производить повсюду метеорологические наблюдения». В 1849 г. в России открылось первое в мире научное метеорологическое учреждение – Главная физическая (ныне геофизическая) обсерватория (ГГО). В XIX веке и в других передовых странах также начинает развиваться сеть метеорологических станций, организуются научно-исследовательские институты и обсерватории.

Важным стимулом для развития метеорологии в XIX в. явилось открытие ряда физических законов (газовых, излучения, термодинамики, гидростатики и гидродинамики) и успешное применение их для объяснения многих атмосферных явлений. Так были заложены основы физики атмосферы, а впоследствии и динамической метеорологии. В 50-х годах XIX в. получило развитие новое направление метеорологии – *синоптическая метеорология* (синоптикос – обзирающий все вместе, сводный).

В XX веке метеорология переходит в новую фазу развития в связи с дальнейшими успехами физических наук и общим техническим прогрессом. Благодаря изобретению *радиозонда* П.А.Молчановым (1930г.) наземные метеорологические наблюдения дополнялись аэрологическими наблюдениями.

В 20-х годах XX в. усилиями норвежских ученых школы Бьеркнеса было создано учение о воздушных массах и атмосферных фронтах, которое впоследствии получило успешное развитие в СССР. На его основе были разработаны и внедрены в практику новые методы предсказания погоды. Большое значение имеет метод долгосрочных прогнозов, разработанный в СССР Б.П. Мультиановским и развитый затем его учениками. Одновременно с углублением и расширением некоторых частных разделов метеорологии: актинометрии (учение об измерении и превращениях лучистой энергии в атмосфере), физики облаков и осадков, оптики атмосферы, атмосферного электричества и др.

В последующие годы были достигнуты выдающиеся успехи в исследовании атмосферы с помощью ракет и искусственных спутников Земли. Получили дальнейшее развитие радиолокационные методы исследования атмосферы. Выполнены фундаментальные работы по изучению взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью. Разработаны и продолжают совершенствоваться методы искусственных воздействий на атмосферные процессы. Проблема борьбы с загрязнением окружающей природной среды потребовала получения дополнительной информации о свойствах и поведении атмосферы под воздействием как естественных, так и антропогенных факторов.

## 5. Классификация изысканий для сельского строительства

Целостное представление о различных видах и условиях применения изысканий дает их классификация. Анализ современных видов изысканий для мелиоративного и водохозяйственного строительства позволяет их классифицировать по следующим основным критериям или признакам.

### 1. По характеру объекта изучения:

а) изыскания под новое строительство – объектом изучения являются природно-хозяйственные условия конкретного района строительства (топографические, геологические, почвенные, гидрологические, метеорологические, гидрогеологические, агроэкономические);

б) изыскания (обследования) построенных ранее объектов для их реконструкции или ремонта;

в) изыскания месторождений строительных материалов;

г) изыскания участков для добычи торфа и других биогенных отложений;

д) изыскания источников водоснабжения (поверхностных, подземных).

Изыскания видов *в, г, д* носят поисковый характер, т.е. окончательное местоположение проектируемого объекта устанавливается после их проведения.

### 2. По виду изучаемых природных условий:

а) *топографо-геодезические* – изучаются геометрические размеры и форма объекта (рельеф местности, элементы ситуации), составляется графическая или цифровая модель местности;

б) *инженерно-геологические и гидрогеологические* – изучаются свойства недр в зоне их влияния на проектируемый объект (грунты, геологические процессы, подземные воды).

в) *почвенные* – изучаются почвы, слагающие территорию объекта, их разновидности и свойства (наибольшее значение представляют для мелиоративного строительства);

г) *ботанико-культуртехнические* – изучаются естественные растительные сообщества и культуртехническое состояние поверхности участка (как правило, выполняются совместно с почвенно-мелиоративными);

д) *гидрологические и метеорологические* – изучается гидрометеорологический режим района строительства (режим рек, озер, метеорологических элементов и явлений);

С производственной точки зрения данный критерий классификации является основным, поскольку именно он определяет специализацию подразделений, выполняющих изыскания.

### 3. По стадийности проектирования:

а) изыскания для стадии *предпроектной документации* ("Схема", ТЭО и т.п.);

б) изыскания для стадии *"Архитектурный проект"*;

в) изыскания для стадии *"Строительный проект"*;

г) изыскания для стадии *"Строительный проект с выделенной утверждаемой архитектурной частью"*;

- д) изыскания в период строительства;
- е) изыскания по окончанию строительства.

В соответствии с указанной последовательностью стадий проектирования объекта состав изысканий меняется по принципу "от общего к частному" и имеет важное практическое значение при составлении программы изыскательских работ.

#### 4. По очередности (хронологии) проведения:

- а) *подготовительные* – сбор и анализ имеющихся ранее данных по каталогам, картам и т.д.;
- б) *полевые* – проведение изыскательских работ непосредственно на объекте;
- в) *лабораторные* – проведение исследований и анализов образцов, полученных в полевых изысканиях;
- г) *камеральные* – обработка данных полевых и лабораторных измерений (исследований), их обобщение и синтез, составление текстовых и графических отчетных документов.

Как правило, основной объем изыскательских работ (затраты труда, времени, стоимость) приходится на полевые, хотя их общая структура меняется по стадиям проектирования, изученности, виду объекта и т.д.

#### 5. По масштабу проведения:

- а) *региональные* – комплексное изучение природно-хозяйственных условий территории целого региона, речного бассейна, района(выполняются обычно для предпроектной стадии);
- б) *строительные* – изыскания для конкретных видов строительства и стадий проектирования.

#### 6. По направленности:

- а) *экономические* (агроэкономические) – проводятся для обоснования экономической целесообразности варианта строительства с учетом обеспечения его стройматериалами, рабочей силой, транспортом и т.д.;
- б) *технические* – изучение природных условий конкретного места строительства объекта для обоснования технических решений его проекта.

Как правило, экономические изыскания выполняются на предпроектной стадии и предшествуют техническим.

- в) *экологические* (природоохранные) – проводят с целью прогноза загрязнения и истощения природных компонентов в результате строительства, а также для проектирования специальных природоохранных мероприятий (предотвращение затопления и подтопления территорий, недопустимого снижения уровня грунтовых вод, загрязнения вод дренажным и животноводческими стоками; создание лесозащитных и рекреационных зон; радиологические изыскания).

## 6. Стадийность проектирования и изысканий

Многолетний практический опыт строительства, в том числе водохозяйственного, показывает, что его проектирование следует вести

постепенно, не стремясь сразу достичь окончательного решения. Поэтому проектирование (особенно сложных объектов) ведется по определенным этапам, соблюдая принцип "от общего – к частному". Такие этапы называются *стадиями проектирования*. На каждой стадии последовательно углубляются и уточняются элементы проекта в целом.

Непосредственному проектированию конкретных объектов может предшествовать этап *предпроектных проработок*, которые разрабатываются и периодически обновляются в виде "*Схемы*" рационального природопользования целого региона. Такие схемы составляются в разрезе области, района на перспективу (до 15 лет) и включают комплекс взаимосвязанных видов строительства, природоохранных мероприятий и т.п. На предпроектной стадии составляется также технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства или реконструкции объектов. В результате данных проработок и при наличии заявок заказчика объект включается в титульный список проектно-изыскательских работ и утверждается задание на его проектирование.

В настоящее время проектирование объектов мелиорации и водного хозяйства осуществляется одним из двух вариантов стадийности:

а) в две стадии – 1) "*Архитектурный проект*" со сводным сметным расчетом стоимости; 2) "*Строительный проект*" со сметами;

б) в одну стадию – "*Строительный проект с выделенной утверждаемой архитектурной частью*" со сводным сметным расчетом стоимости и сметами.

В одну стадию проектируют технически несложные объекты, строительство, реконструкция или ремонт которых будут осуществляться с использованием типовых разработок. Двухстадийное проектирование применяют для более сложных и крупных объектов водохозяйственного строительства.

Изыскания, как и проектирование, также делятся на стадии, соответствующие приведенным выше. Изыскания для предпроектной стадии называют *проблемными*. Они заключаются обычно в сборе и уточнении данных по региону общего, в основном экономического характера. Изыскания для стадии "*Архитектурный проект*" проводят для обоснования наиболее общих проектных решений, отражающих основные конструктивные особенности проекта, и называют *предварительными* (облегченными). Изыскания для стадии "*Строительный проект*" позволяют разрабатывать отдельные элементы проектируемого объекта (системы, сооружения) и называются *окончательными* (подробными).

## **7. Виды объектов строительства и особенности их изысканий**

Состав и методы инженерных изысканий определяются в основном видом проектируемого строительства. Прежде чем приступить к изысканиям, необходимо четко представлять назначение объекта, его общую конструкцию, характер взаимодействия с природной средой.

С точки зрения особенностей изысканий и проектирования объекты водохозяйственного строительства и обустройства территорий можно

классифицировать по их целевому назначению и характеру расположения на местности.

*По назначению* выделяются следующие объекты.

1. *Объекты обустройства сельских территорий.* Общее назначение – комплексное обустройство сельских населенных мест и прилегающих земель.

В состав этих объектов входят сельские населенные пункты (жилые и производственные здания), инженерные сети (подземные и воздушные коммуникации), дорожная сеть и производственные площадки, объекты мелиорации и водного хозяйства на застроенной сельской территории.

2. *Водохозяйственные объекты* (системы и сооружения). Их назначение – обводнение территории, орошение, сельскохозяйственное водоснабжение, гидроэнергетика, рыбоводство, создание ландшафта и зон отдыха. К данным объектам относятся: водохранилищные гидроузлы, пруды с земляной плотиной; речные водозаборные гидроузлы; водозаборы подземных вод; обводнительные каналы; системы сельскохозяйственного водоснабжения; отдельные гидротехнические сооружения.

3. *Гидромелиоративные системы* (ГМС). Их назначение – гидротехнические (водные) мелиорации сельскохозяйственных земель в сочетании с другими видами мелиорации (культуртехническими, агротехническими и др.). К отдельным мелиоративным объектам относятся участки культуртехнических работ на землях, не требующих осушения, а также участки рекультивации и восстановления почвенного плодородия.

По характеру расположения на местности вышеприведенные объекты условно делятся на *площадные, линейные и локальные.*

*Площадными* считаются объекты, занимающие значительную территорию (обычно от нескольких до сотен гектаров), длина и ширина которых примерно одного порядка. К ним относятся сельские населенные пункты, крупные производственные площадки, мелиоративные системы, пруды, водохранилища. Самостоятельным видом площадных объектов являются также участки для добычи торфа и месторождения местных строительных материалов.

*Линейными* называются объекты или сооружения с большой протяженностью и относительно малыми поперечными размерами. Это дороги, коммуникационные сети, каналы, трубопроводы, дамбы сети. К естественным линейным объектам можно отнести реки.

*Локальные* сооружения занимают незначительные участки территории (площадки), в пределах которых варьирование природных условий отмечается преимущественно в вертикальной плоскости. К таким объектам относятся отдельные жилые и производственные здания, гидротехнические и другие сооружения, буровые скважины.

Такие сооружения, как плотины и мосты, имеющие более специфическую конфигурацию, можно назвать локально-линейными.

В зависимости от рассмотренных особенностей объектов определяется состав и направленность их изысканий. Как правило, в комплексе изысканий

для площадных объектов и систем основное место занимают *съёмки* участка (топографическая, геологическая, почвенная, гидрогеологическая).

Для линейных объектов особое значение имеют *трассировочные* работы.

При изысканиях площадок под строительство локальных сооружений главное внимание уделяется инженерно-геологическим исследованиям *грунтов* будущих оснований.

Конкретный учет данных особенностей отражается в соответствующих разделах пособия по отдельным видам изысканий.

## 8. Организация изыскательских работ

Инженерные изыскания для водохозяйственного строительства осуществляют, как правило, проектные организации (проектно-изыскательские институты) в комплексе с выполняемыми проектными работами

В целом организационная структура проектно-изыскательского института включает: руководство института (директор, главный инженер, заместители); административно-организационные подразделения (отдел кадров, бухгалтерия, сектор НТИ и т.п.); общепроизводственные отделы (технический, планово-производственный и др.); специализированные проектные отделы; отделы инженерных изысканий.

Общая структура и состав изыскательских подразделений в институте следующие: отдел (комплексный отдел) инженерных изысканий; изыскательская экспедиция; изыскательская партия; изыскательская бригада (группа). В указанном порядке каждое предыдущее подразделение включает в свой состав несколько последующих.

*Отдел инженерных изысканий* (ОИИ) является наиболее крупным изыскательским подразделением института. По административным вопросам отдел подчиняется директору, по производственным и техническим – главному инженеру института или его заместителям.

Основные задачи и функции отдела инженерных изысканий следующие:

а) участие в составе комиссии по выбору объекта в его рекогносцировочном обследовании;

б) подготовка заявок и получение разрешений в государственных ведомствах на право производства основных видов изысканий;

в) разработка программ производства инженерных изысканий по объектам;

г) выполнение комплекса инженерных изысканий для всех стадий проектно-сметной документации по строительству, реконструкции и ремонту сельскохозяйственных объектов.

В состав отдела инженерных изысканий входят комплексные и специализированные *экспедиции*. Комплексная изыскательская экспедиция выполняет несколько видов изысканий, специализированная (например, геологическая) – один. Начальник изыскательской экспедиции является организатором, техническим и хозяйственным руководителем всего комплекса работ, выполняемых экспедицией.



Экспедиции делятся на изыскательские *партии*, которые не являются постоянными структурными единицами, а формируются в силу производственной необходимости в зависимости от объемов и сроков выполняемых работ. Изыскательские партии – сугубо специализированные подразделения (топографическая, геологическая и т.д.). Начальник изыскательской партии составляет и согласовывает с руководством экспедиции (отдела) план работ партии, распределяет работу между бригадами, осуществляет полевую и камеральную проверку качества работ, принимает эти работы, составляет наряды и другие документы, передает принятые материалы в отдел или начальнику экспедиции.

Организация и проведение изысканий по конкретному объекту осуществляются после его включения в титульный список проектно-изыскательских работ и утверждения задания на проектирование. Основанием для выполнения комплекса изыскательских работ являются следующие основные документы.

1. Акты-заявки заказчиков или заказы землепользователей с приложением акта выбора объекта.
2. Титульный список проектно-изыскательских работ на конкретный год и задание на проектирование.
3. Техническое задание на производство инженерных изысканий.
4. Согласования и разрешения государственных ведомств на право производства отдельных видов изысканий.
5. Программа производства инженерных изысканий по объекту и сметы на их проведение.
6. План работ изыскательских подразделений и графики проведения отдельных видов изысканий.

Организации, выполняющие инженерные изыскания, и их должностные лица несут установленную законодательством ответственность за полноту и достоверность материалов изысканий. При выполнении изысканий необходимо соблюдать нормы, правила и требования по охране труда соответствующих нормативных документов и государственных стандартов.

## **Лекция № 2**

### **Инженерно-геодезические изыскания**

1. Задачи и состав инженерно-геодезических изысканий.
2. Геодезическая основа топографо-геодезических работ.
3. Исходные геодезические данные и рекогносцировка объекта изысканий.
4. Общие положения и методы создания съемочной сети объекта.
5. Высотное геодезическое обоснование.
6. Особенности нивелирования через водные преграды.
7. Съемка рек, каналов и водоемов.
8. Изыскания трасс линейных объектов и сооружений.

## 1. Задачи и состав инженерно-геодезических изысканий

Одним из важнейших и первостепенных видов изысканий для строительства являются *инженерно-геодезические*. Основные задачи данных изысканий две:

а) получение исходных топографических материалов для проектирования и строительства объектов;

б) создание основы проведения других основных видов изысканий (геологических, почвенных, гидрологических и т.п.).

В связи с этим инженерно-геодезические изыскания обычно предшествуют другим видам полевых исследований.

Конкретный состав топографо-геодезических работ для изыскиваемого объекта зависит от характера, сложности и стадии проектирования. В общем случае применительно к водохозяйственным объектам выполняются следующие основные виды работ:

– сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических материалов по объекту (топографических карт, планов, координат опорных пунктов) и их полевая корректура;

– создание планово-высотной съемочной геодезической сети объекта (съемочного обоснования);

– топографические съемки участков местности (массивов) в масштабе 1:2000 и площадок под гидротехнические сооружения в масштабе 1:1000;

– съемки водных объектов (рек, каналов, прудов, озер, водохранилищ);

– линейные изыскания и инвентаризация существующих водоприемников, каналов, коллекторов, трубопроводов, дамб обвалования, дорог, ЛЭП и т.п.;

– геодезическое обеспечение других видов изысканий (планово-высотная привязка геологических и почвенных выработок и т.п.);

– трассирование линейных сооружений и внутрихозяйственной сети;

– геометрическое нивелирование для вертикальной планировки;

– отбивка границ зоны затопления.

При разработке предпроектной документации обычно выполняют сбор и анализ имеющихся материалов по объекту или для рассматриваемых вариантов его размещения. Для стадии *"Архитектурный проект"* обычно выполняются работы, перечисленные в первых шести пунктах; для стадии *"Строительный проект"* – в последних трех. Состав работ для одностадийного проектирования может включать все перечисленные пункты.

## 2. Геодезическая основа топографо-геодезических работ

Для обоснования топографических, трассировочных и других видов работ выполняют привязку к пунктам существующей геодезической опоры и создаваемой для их сгущения съемочной сети. Геодезической основой (опорой) топографо-геодезических работ на объекте служат:

1. Государственная геодезическая сеть:

а) плановая – триангуляция, трилатерация, полигонометрия 1,2,3 и 4-го классов;

б) высотная – нивелирование I, II, III, IV классов.

2. Геодезическая сеть *сгущения*:

а) триангуляция, полигонометрия 1-го и 2-го разрядов;

б) техническое нивелирование.

3. *Съемочная* планово-высотная геодезическая сеть.

Плановая и высотная геодезическая опора строится по принципу перехода от общего к частному или от высшего класса точности к низшему.

Триангуляция 1-го класса – это цепи рядов треугольников, близких по форме к равносторонним, с длинами сторон 20-25 км. Они прокладываются вдоль меридианов и параллелей, образуя полигоны с периметрами 800-1000 км. Внутри полигона 1-го класса строится сеть триангуляции 2-го класса, на основе которой в виде вставок отдельных пунктов последовательно строится триангуляция 3-го и 4-го классов. В дальнейшем плотность плановой геодезической опоры увеличивается сетями сгущения 1-го и 2-го разрядов.

В закрытой и полужакрытой местности триангуляция заменяется равноценной по точности (классу и разряду) полигонометрией. Техническая характеристика опорных триангуляционной и полигонометрической сетей приведена на плакате и в.

При создании съемочного обоснования и выполнении топографических съемок относительно чаще используется геодезическая опора более низких классов, особенно 1-го и 2-го разрядов. На объекте съемки триангуляция 1-го и 2-го разрядов развивается в виде сетей, цепочек треугольников и вставок отдельных пунктов в треугольники сетей высших классов. Пункты триангуляции 1-го и 2-го разрядов должны быть связаны с пунктами высших классов (или между собой) при их взаимном расположении ближе 2 и 1,5 км соответственно.

Государственная высотная сеть создается, как правило, геометрическим нивелированием I-IV классов в Балтийской системе высот. Наиболее точное нивелирование I класса выполняется по ходам, образующим замкнутые полигоны. В пределах секций хода по 20-25 км нивелирование проводится в прямом и обратном направлении. Ходы II и III класса, опирающиеся на пункты соответственно высших классов, также двойные. Нивелирование IV класса выполняется в одном направлении.

Для обоснования топографических съемок необходима определенная плотность пунктов государственной геодезической сети, приведенная в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Максимальная площадь топографической съемки на 1 пункт опорной госгеосети, км

Вид госгеосети	Масштаб топосъемки		
	1:10000	1:5000	1:2000 и крупнее
Плановая	50-60	20-30	5-15
Высотная	30-30	10-15	2-5

Планово-высотную привязку к пунктам государственной геодезической сети следует выполнять при расположении их от границ объекта изысканий на расстоянии не более 5 км.

Системы координат и высот должны устанавливаться в программе производства изысканий по согласованию с органом, выдавшим разрешение на производство топографо-геодезических работ. Для проектирования новых объектов и сооружений изыскания выполняются в местной системе координат, а для реконструкции и расширения ранее построенных – в ранее принятой системе координат для этих объектов.

### **3. Исходные геодезические данные и рекогносцировка объекта изысканий**

На подготовительном этапе топографо-геодезических изысканий их исполнители обязаны произвести сбор и изучение имеющихся планово-картографических материалов и данных о геодезической основе на конкретный объект. К этим материалам относятся:

- топографические планы и карты соответствующих масштабов;
- материалы съемок текущих изменений и исполнительные съемки вновь построенных сооружений;
- материалы аэрофотосъемки давности не более пяти лет;
- выписки пунктов плановой и высотной геодезической опоры из соответствующих каталогов.

Указанные данные получают в Госкартгеофонде, в инспекции Госгеонадзора ГУГК, в других проектно-изыскательских организациях.

В результате изучения собранных материалов устанавливают: время работ и организацию, которая их выполняла; нормативные документы по производству работ; методы создания съемочного обоснования, систему координат и высот; качество топографических материалов и возможность их использования в данном виде изысканий; сохранность пунктов геодезической опоры.

Качество топографических материалов, степень их пригодности и сохранность исходных пунктов устанавливают только путем обследования объекта в натуре. При наличии свежих материалов аэрофотосъемки проведение корректуры может выполняться камеральным путем.

При полевом обследовании качество топографических материалов в плане отношении проверяется выборочными контрольными измерениями

между точками ситуации, показанными на проверяемом плане. Точками могут служить постоянные предметы местности, сооружения, участки дорог и границ контуров.

Адекватность изображения рельефа оценивается в основном визуально, путем сличения плана с местностью. При необходимости более детального обследования проводятся контрольные инструментальные проверки от плано-высотных пунктов.

После установления местоположения пунктов геодезической опоры оценивают их состояние. При разрушении марки верхнего центра вскрывают нижний, пользуясь данными о типах заложенных центров. Если разрушен нижний центр, то пункт считается утраченным. В таком же порядке обследуются марки и реперы высотной сети. На основании изучения заполняется "Карточка обследования исходных пунктов плановой и высотной госгеоопоры объекта..." по установленной форме. В случае уничтожения или повреждения геодезического пункта составляется соответствующий акт и общий список таких пунктов с их описанием.

Если в процессе осмотра участка выявляются в натуре геодезические пункты, на которые данные отсутствуют, то их необходимо включить в сеть геодезического обоснования путем передачи на них плано-высотных координат. При осмотре объекта желательно также установить возможность закладки ственных реперов взамен постоянных грунтовых.

Основной целью и итогом рекогносцировочного обследования объекта является "*Проект опорной геодезической сети сгущения и съемочного обоснования*", который составляется на схеме участка в масштабах 1:10000 или 1:25000.

Результаты анализа всех собранных материалов и данные рекогносцировочного обследования объекта обязательно учитываются при составлении программы производства топографо-геодезических изысканий.

#### **4. Общие положения и методы создания съемочной сети объекта**

*Съемочное обоснование (или съемочная геодезическая сеть)* – это система закрепленных на территории объекта геодезических пунктов (точек) с известными координатами, которая создается с целью сгущения геодезической плано-высотной основы до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съемки требуемого масштаба.

Съемочная сеть развивается от пунктов государственной геодезической сети, сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов, нивелирования IV класса и технического нивелирования.

Пункты сетей съемочного обоснования на мелиоративных и водохозяйственных объектах определяются следующими методами и их сочетанием:

– положением теодолитных ходов с относительной погрешностью не грубее 1/2000;

- построением съемочных триангуляционных сетей и цепочек треугольников;
- путем планово-высотной привязки опознавательных знаков аэрофотоснимков вышеуказанными методами.

Методы триангуляционных сетей и засечек взамен теодолитных ходов можно применять лишь в открытой местности. Проложение мензульных ходов целесообразно для сгущения съемочного обоснования в закрытой и холмистой местности.

При развитии съемочного обоснования одновременно определяются, как правило, положения точек в плане и по высоте. Пункты сети съемочного обоснования закрепляются преимущественно временными знаками, если она не является самостоятельной геодезической основой. В противном случае пункты закрепляют долговременными и временными знаками. Долговременными знаками закрепляются узловые пункты съемочной сети и пункты, на которых определен астрономический азимут.

Потребность в наличии на объекте долговременных знаков обусловлена также их последующим использованием при перенесении проекта в натуру, строительстве и эксплуатации гидромелиоративных систем и сооружений. Долговременные пункты съемочной сети располагают в местах, обеспечивающих их сохранность и наиболее удобное использование.

Плотность пунктов сети съемочного обоснования должна быть такой, чтобы обеспечивать технические требования выполнения топографической съемки в условиях конкретного объекта. Общее количество съемочных точек (временные, долговременные, исходные) на 1 км<sup>2</sup> топосъемки зависит от ее масштаба, сложности рельефа, закрытости и контурности участка и должно быть не менее приведенного в табл. 2.2.

На каждом объекте мелиорации или на площадке под гидротехническое сооружение, независимо от их размеров и масштаба съемки должно быть установлено не менее двух постоянных знаков, имеющих взаимную видимость, включая исходные, расположенные на объекте и не далее 2 км от него.

Кроме необходимой плотности пункты съемочной геодезической сети должны удовлетворять требованиям плановой и высотной точности.

Предельные ошибки (погрешности) положения пунктов плановой съемочной сети, в том числе плановых опознаков, относительно пунктов государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения ( $m_s$ ) не должны превышать на открытой местности и на застроенной территории 0,2 мм в масштабе плана и 0,3 мм – на местности, закрытой древесной и кустарниковой растительностью.

Таблица 2.2. Необходимая плотность пунктов геодезического съёмочного обоснования объектов мелиорации и водного хозяйства (включая все виды пунктов: временные, долговременные, исходные)

Масштаб топосъёмки	Площадь съёмки на планшете, км <sup>2</sup>	Необходимое количество съёмочных пунктов на 1 планшете	Необходимое количество съёмочных пунктов на 1 км <sup>2</sup>
1:10000	18,0	72	4
1:5000	4,0	20	5
1:2000	1,0	14	14
1:1000	0,25	12	48
1:500	0,0625	5	80

Средняя относительная ошибка взаимного положения точек съёмочного обоснования не должна превышать  $1/2000$  и половинного значения вышеуказанных абсолютных величин.

Средние ошибки высот пунктов съёмочного обоснования относительно реперов геометрического нивелирования (IV класса и выше) при сечениях рельефа 0,25 и 0,5 м не должны превышать соответственно  $1/5$  и  $1/10$  принятой высоты сечения, то есть 0,05 м.

Одним из основных методов развития съёмочной сети в плановом отношении является проложение *теодолитных ходов*, которые могут применяться в открытой и закрытой местности. Допустимая длина теодолитного хода между исходными пунктами зависит от масштаба съёмки, значения  $m_s$  и относительной погрешности длины линии  $1/N$ .

*Длины сторон* в теодолитных ходах на незастроенной территории должны находиться в пределах 40 – 350 м, на застроенной – в пределах 20 – 350 м. При использовании электронных дальномеров длины теодолитных ходов могут быть увеличены в 1,5 – 2,0 раза. Длина линий определяется расстоянием между смежными углами. Створные знаки устанавливаются в пределах видимости, но не реже чем через 500 м.

Предельная длина *магистральных* теодолитных ходов, прокладываемых вдоль проектируемых или реконструируемых линейных сооружений (каналов, дамб обвалования и т.п.) и рек, не должна превышать 20 км. Длина линий в этих ходах должна быть в пределах 40 – 1000 м; относительная погрешность ходов – не более  $1/1000$ .

В открытой местности съёмочные сети взамен теодолитных ходов могут развиваться методами *триангуляции* в виде несложных сетей треугольников, цепочек треугольников, а также вставок отдельных пунктов, определяемых засечками.

Триангуляционные построения, включающие более двух определяемых пунктов, должны опираться не менее чем на две исходные стороны. В качестве исходных сторон могут служить стороны триангуляции 1-го и 2-го разрядов и полигонометрии, а также специально измеренные с погрешностью не грубее

1/5000 базисные стороны. Развитие сетей и цепочек треугольников, опирающихся на одну сторону (висячих), не допускается. Схемы развития съемочной сети триангуляционными построениями показаны на рис. 2.1.

В триангуляционных съемочных сетях углы треугольников должны быть не менее  $20^\circ$ , а длины сторон находиться в пределах 150 – 500 м. При этом следует стремиться к треугольникам правильной формы с наибольшей длиной сторон.

При выполнении привязки съемочного обоснования к опорной геодезической сети встречаются случаи, когда съемочное обоснование удалено от пунктов опорной сети или отделено неприступным расстоянием. В этом случае координаты определяемых пунктов получают методами прямой и обратной засечек.

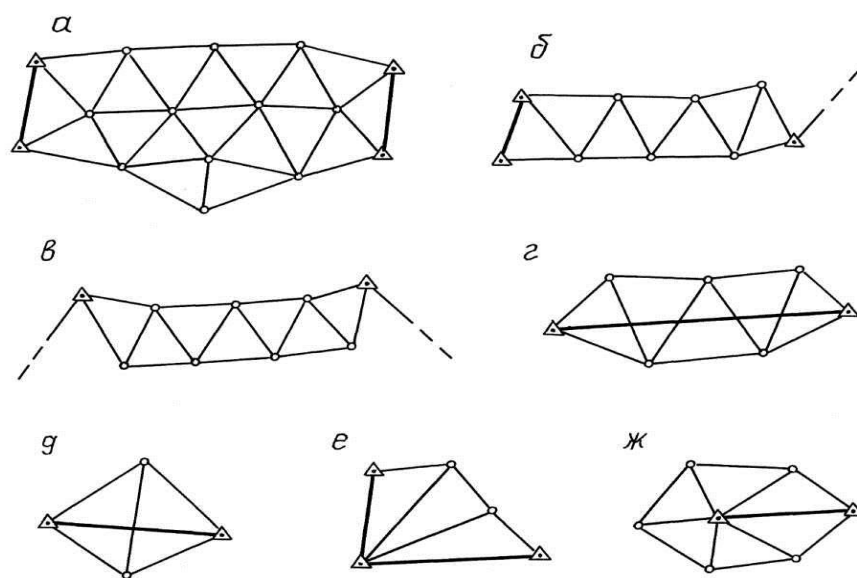


Рис. 2.1. Развитие съемочной геодезической сети триангуляционными построениями:  
 а - сеть треугольников между двумя исходными сторонами; б - цепочка треугольников между стороной и пунктом; в, г - цепочки треугольников между двумя пунктами; д - геодезический четырехугольник; е - вставка в угол; ж - центральная схема.  
 Условные обозначения:  $\Delta$  - исходный пункт; о - определяемая точка; ——— исходная сторона триангуляции; — — — — — односторонние направления.

Для реализации метода *прямой однократной засечки* с контролем (рис.2.2) необходимо видеть определяемый пункт Р с трех пунктов исходной сети А, В, С с известными координатами. При этих пунктах измеряются четыре угла:  $\beta_1, \beta_2, \alpha_1, \alpha_2$ . Углы между смежными направлениями на определяемый пункт должны быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ .



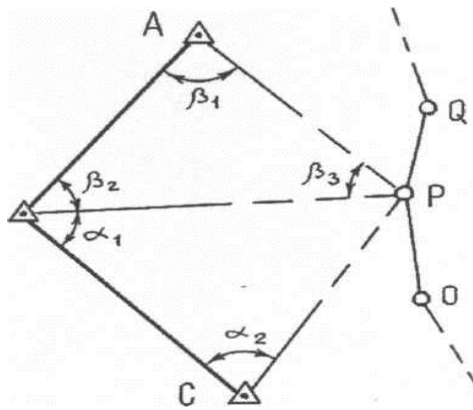


Рис. 2.2. Метод прямой однократной засечки.

Координаты точки Р теодолитного хода вычисляют по координатам пунктов А и В и измеренным угла  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  с использованием формул котангенсов измеренных углов (формулы Юнга:

$$X_p = \frac{X_A \operatorname{ctg} \beta_2 + X_B \operatorname{ctg} \beta_1 - Y_A + Y_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2};$$

$$Y_p = \frac{Y_A \operatorname{ctg} \beta_2 + Y_B \operatorname{ctg} \beta_1 + X_A - X_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}.$$

Для контроля правильности вычислений определяются координаты исходного пункта А (по известным координатам пункта В и рассчитанным  $X_p$ ,  $Y_p$ ) с использованием аналогичных формул и угла  $\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$ .

Полный контроль правильности положения пункта Р осуществляется при повторении приведенных выше решений в треугольнике РВС, т.е. координаты пункта Р рассчитываются по координатам пунктов В и С и углам  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  с использованием формул Юнга.

Схемы *определения неприступных расстояний*.. При прокладке теодолитных ходов съемочного обоснования часто возникает необходимость определения неприступного расстояния  $AB = S$  (см.рис.2.3).

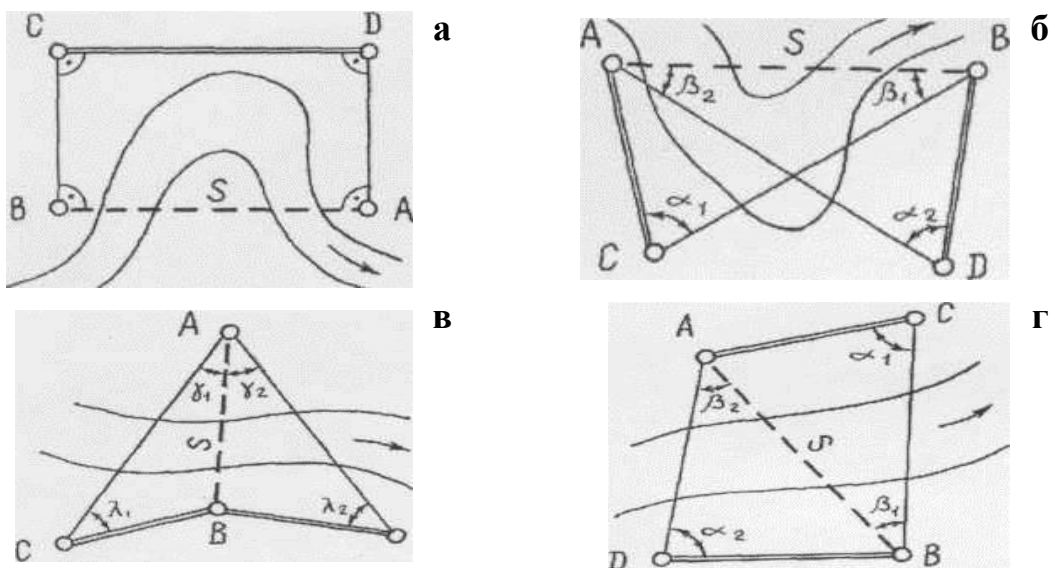


Рис. 2.3. Схемы определения неприступных расстояний

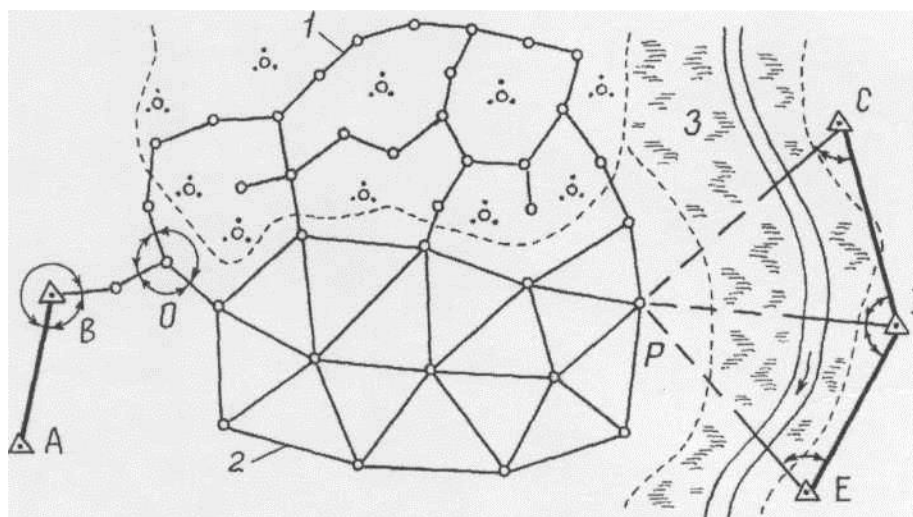


Рис. 2.4. Возможная схема привязки и развития съёмочного обоснования площадного объекта:

а) непосредственным примыканием точки О к опорным пунктам; б) прямой угловой засечкой точки Р; 1 – сеть теодолитных ходов в закрытой кустарником местности; 2 – триангуляционная сеть в открытой местности; 3 – заболоченная часть поймы реки;  $\Delta$  – исходные пункты.

В первом случае (рис. 2.4 а) с помощью теодолита и мерной ленты строят на местности прямоугольник ABCD и измеряют обычным способом линию CD, равную S. В остальных случаях (рис. 2.4 б, в, г) на связываемых сторонах теодолитного хода откладывают два базиса и строят два треугольника, у которых искомое расстояние S является общей стороной. Далее, измерив углы этих треугольников, по теореме синусов дважды рассчитывают неприступное расстояние (по каждому базису). Например, для схем на рис.2.4. б, г

$$S = AC \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = AB \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2}.$$

При этом относительная ошибка двойного вычисления неприступного расстояния S не должна быть грубее 1/2000. Длины базисов должны быть не менее 100 м, относительная ошибка их двойного измерения – не грубее 1/3000.

## 5. Высотное геодезическое обоснование

Высотное съёмочное обоснование на объектах сельского строительства создается, как правило, геометрическим нивелированием способом "из середины". Основными задачами нивелирования являются:

- а) передача отметок от реперов госгеосети на реперы IV класса;
- б) получение высотных данных для съёмки рельефа местности;
- в) определение уклонов водотоков (рек, каналов).

Класс нивелирования устанавливается в зависимости от уклонов водотоков и длины магистральных нивелирных ходов. При незначительных уклонах водотоков (до 0,0005) прокладываются нивелирные ходы IV класса, а при

уклонах более 0,0005 – ходы технического нивелирования. В отдельных случаях при весьма малых уклонах и большой длине магистрального хода применяют нивелирование III класса.

Допустимые длины ходов технического нивелирования на мелиоративном объекте зависят от необходимой степени детализации последующей его топосъемки, т.е. от принятой высоты сечения рельефа, и приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3. **Предельные длины ходов технического нивелирования, км**

Высота сечения рельефа топосъемки, м	Предельная длина хода		
	между двумя исходными пунктами	между исходным пунктом и узловой точкой	между двумя узловыми точками
0,25	6/2	4/2	3/1
0,5	10/6	8/4	5/3
1,0	16/10	12/8	8/5

Примечание. В числителе приведены длины основных ходов, в знаменателе – съёмочных.

В случаях применения тригонометрического нивелирования (для топосъемок с высотой сечения не менее 1 м) предельная длина хода между исходными пунктами не должна превышать 1 км.

Нивелирные ходы IV класса и технические, намеченные между знаками высших классов, звенья системы ходов, а также замкнутые ходы прокладывают в одном направлении по двусторонним рейкам. Висячие ходы и ходы, проложенные по односторонним рейкам, нивелируются в прямом и обратном направлениях. При переходе к обратному ходу рейки меняют местами.

Для нивелирования IV класса и технического применяются шашечные двусторонние трехметровые рейки с сантиметровыми делениями. При отсутствии этих реек допускается, как исключение, применение односторонних. В этом случае второе определение превышения выполняют при другом горизонте инструмента, отличающимся от первого не менее чем на 10 см.

К моменту нивелирования должны быть установлены в натуре постоянные и временные реперы, а по необходимым ходам и поперечникам разбит *пикетаж*. Разбивку пикетажа производят обычно с помощью стальных лент или рулеток (длиной 20, 50 или 100 м). На каждом пикете забивается "точка" и "сторожок". Дополнительные *плюсовые* точки также отмечаются сторожками. Номер пикетной точки, написанный на затесе сторожка, обозначает число сотен метров нивелирной трассы от ее начала.

Основные технические условия нивелирования IV класса и технического нивелирования приведены в табл. 2.4.

Таблица 2. 4. **Технические условия нивелирования при создании высотного геодезического обоснования**

Показатели	Класс нивелирования	
	IV	техническое
Увеличение трубы нивелира (не менее)	25 <sup>x</sup>	20 <sup>x</sup>
Нормальное расстояние от нивелира до рейки, м	100	120-150
Допустимое неравенство расстояний от нивелира до реек, м	5	10
Допустимое расхождение превышений на станции (по двум сторонам реек), мм	5	5 (в основных ходах)
Периметр хода L, км	50	15
Допустимая невязка превышений хода, мм	$20 \sqrt{L}$	$30 \sqrt{L}$ (в основных ходах)

При нивелировании IV класса соблюдают следующий порядок отсчетов на станции:

- по черной стороне задней рейки (верхней и средней нитям);
- по черной стороне передней рейки (верхней и средней нитям);
- по красной стороне передней рейки (средней нити);
- по красной стороне задней рейки (средней нити).

При техническом нивелировании (отсчеты по средней нити):

- по черной и красной сторонам задней рейки;
- по черной и красной сторонам передней рейки.

В случаях, когда кроме связующих точек имеются и промежуточные, вначале производят отсчеты по рейкам на связующих точках, а затем по черной стороне задней рейки, поочередно устанавливаемой на промежуточные точки.

Прежде чем снять нивелир со станции, нивелировщик должен выполнить полевой контроль наблюдений. При больших перерывах (на ночь, сутки) наблюдения следует заканчивать на постоянном или временном репере. При привязке к исходным реперам, центрам пунктов триангуляции и полигонометрии, а также к маркам, заложенным в горизонтальных плоскостях сооружений, рейку ставят непосредственно на полочку или головку репера, на марку или центр геодезического пункта.

Привязку к стенным маркам и реперам в отвесных стенах, на которые нельзя поставить рейку, производят следующим образом. Проектируют на стену данного сооружения три нити сетки трубы нивелира и на вертикали, проходящей через центр знака, отмечают на стене карандашом их проекции. Расстояние от верха марки или репера до каждой из проекций измеряют рулеткой или линейкой. В журнале на месте записи отсчетов по рейке зарисовывают марку или репер и проекции нитей и записывают с соответствующими знаками измеренные расстояния.

## **6. Особенности нивелирования через водные преграды**

Характерной особенностью топогеодезических изысканий для сельского строительства является относительно частая необходимость нивелирования

через водные преграды (реки, небольшие озера и т.п.). Передачу высот через водные объекты и овраги шириной до 150 м производят обычными методами нивелирования IV класса. При наличии препятствий большей ширины необходимо применять специальные решения и приемы нивелирования.

В первую очередь следует выбирать благоприятные места для передачи высоты на другой берег (наиболее узкое русло, наличие островов, устойчивых мостов). Если таких мест или условий поблизости нет, то необходимо применять схемы измерений, которые позволяют взаимно погашать систематическое влияние инструментальных ошибок и внешних условий, вызванных большой длиной визирного луча нивелира. Это прежде всего влияние кривизны земной поверхности, рефракция низко проходящего над мелководьем луча и т.п. В связи с этим передачу высот через водные препятствия шириной около 150 – 300 м можно производить по схеме, приведенной на рис. 4.5.

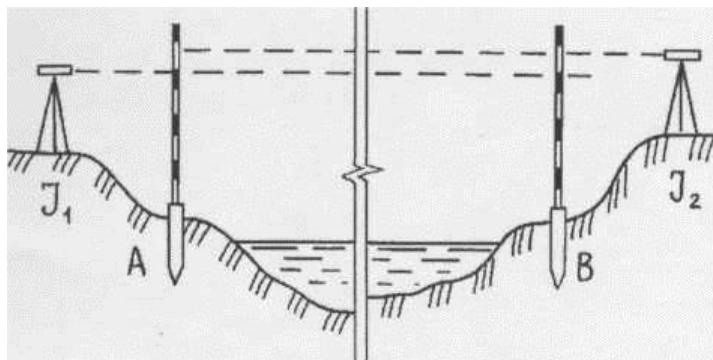


Рис. 2.5. Нивелирование через водные преграды

В данном случае выполняется двойное нивелирование IV класса в следующем порядке. На обоих берегах водной преграды близко к урезу воды (в точках А и В) забивают два кола длиной около 0,5 м и диаметром около 10 см. Сверху в них вбивают гвозди с полусферическими шляпками для постановки реек, снабженных уровнями. Для лучшей видимости делений на больших расстояниях рейки оборудуются также специальными передвижными марками с яркими горизонтальными полосами. В каменистых грунтах вместо кольев применяют нивелирные костыли. Колья или костыли связывают по высоте с ближайшими реперами  $J_1$  и  $J_2$ , которые являются станциями нивелирного хода. Расстояния  $AJ_1$  и  $BJ_2$  должны быть приблизительно равными.

Со станции нивелира  $J_1$ , приведя визирный луч в горизонтальное положение, берут отсчеты по всем трем нитям по обеим сторонам ближней рейки в точке А, а затем дальней – в точке В. Сразу после записи отсчетов нивелир перевозят на другой берег и устанавливают на станции  $J_2$ . Не меняя фокусировки трубы, берут отсчеты по дальней рейке в точке А и далее наводят на ближнюю в точке В, чем заканчивается первый прием. Второй прием наблюдений производят в том же порядке, но в другое время дня. За

окончательное превышение принимают среднее из двух приемов, расхождение между которыми не должно быть более 8 мм.

В отдельных случаях нивелирование IV класса и техническое через водные преграды может производиться *гидростатическим* способом, т.е. пользуясь уровнем воды. С этой целью на реке или озере выбирают по возможности прямолинейный участок, а на реке, кроме этого, участок со спокойным течением. На берегах водного объекта, которые надо связать в высотном отношении, устанавливают реперы. Вблизи противоположных урезов воды выкапывают ямы, которые сообщаются канавами с общим уровнем воды. В тихую погоду одновременно в каждую из ям забивают деревянный кол (или металлический стержень, трубу) так, чтобы их верхние срезы оказались вровень с поверхностью воды.

Забитые в ямах колья связывают нивелированием с реперами на соответствующих берегах реки или озера. Разность высот реперов будет равна сумме превышений на штативах, связывающих уровень воды с реперами, поскольку поверхность воды в реке или озере считается при этом горизонтальной. Такое гидростатическое нивелирование производится дважды, причем расхождение превышений между приемами не должно быть более 20 мм.

## 7. Съёмка рек, каналов и водоемов

Одним из типичных видов топографо-геодезических изысканий в условиях сельской территории является съёмка водных объектов, т.е. озёр, прудов, водохранилищ, рек, ручьёв и каналов. По целевому назначению различают два вида съёмки водных объектов:

а) *ситуационная* (или обычная) съёмка – когда водоемы и реки снимаются только как элементы геодезической ситуации с определением их основных характеристик (линии уреза, уровни воды и т.п.);

б) *специальная* съёмка – когда дополнительно необходимо изображение рельефа их дна в изобатах, определение глубин, объемов водоемов и других гидрографических характеристик.

В первом случае основное внимание при съёмке уделяется планово-высотному положению водной поверхности, в частности береговой линии. *Береговой линией* водоемов и рек считается линия уреза воды в межень, которая соответствует среднему устойчивому уровню в течение лета.

Мелкие водотоки (речки, ручьи и каналы) шириной менее 1 м показываются на плане в одну линию, а при большей ширине – с соблюдением масштаба. У водотоков шириной до 3 м допускается снимать один берег, а второй проводить по результатам измерений их ширины между линиями уреза воды. При ширине рек и каналов более 3 м снимаются оба их берега.

*Специальная* съёмка водных объектов выполняется в целях составления проекта регулирования стока; строительства плотин, водозаборных и других гидросооружений; спрямления русла и т.п.

Съемочное обоснование водоемов, рек и каналов устраивают в виде магистральных планово-высотных ходов вдоль берегов и разбитых с их точек поперечников. Русловую съемку выполняют промерами глубин по разбитым поперечникам (профилям).

Расстояния между промерными профилями ( $l$ ) при съемке водоемов (озер, водохранилищ) не должны превышать 2 см в масштабе составляемого плана (рис.2.6). При ширине водного объекта более 800 м теодолитные ходы прокладывают по обоим берегам. Схема съемки водоема показана на рис. 2.6, а условия ее выполнения приведены в табл. 2.5.

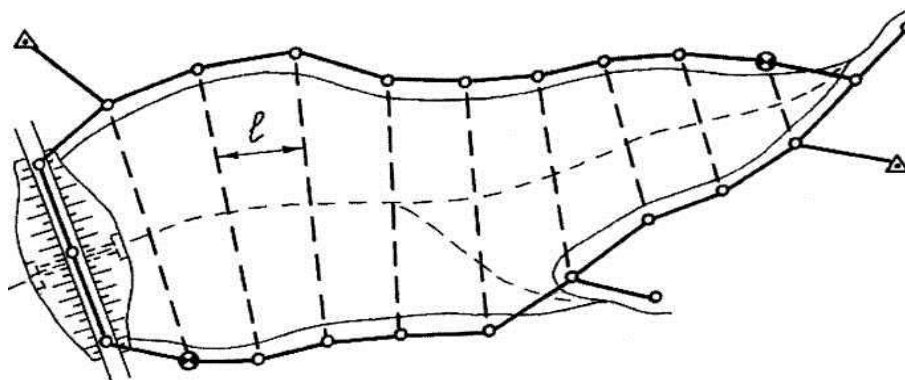


Рис. 2.6. Схема съемки водохранилища

При ширине водного объекта более 800 м теодолитные ходы прокладывают по обоим берегам. Схема съемки водоема показана на рис. 5.1, а условия ее выполнения приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Характеристика топографической съемки озер и водохранилищ

Площадь зеркала водоема, га	Масштаб съемки	Сечение рельефа, м	
		по дну	на склонах
До 50	1:2000	0,5	1,0
50-300	1:5000	1,0	2,0
301-1000	1:10000	2,0	2,0
Свыше 1000	1:25000	2,0	5,0

*Промеры глубин* выполняются на промерных точках (*вертикалях*), располагаемых по промерным профилям (*галсам*). Концы промерных профилей, не совпадающие с точками съемочного обоснования, закрепляются деревянными кольями со сторожками. Расстояния между вертикалями по промерному створу на реке или канале принимают не более 2, 5 и 10 м при ширине водотока соответственно до 20, до 50 и свыше 50 м. В любом случае количество вертикалей не должно быть менее шести.

Плановое положение вертикалей определяют следующим способами:

- по маркированному тросу, натянутому через реку;

- дальномером (при небольшой глубине реки);
- прямой угловой засечкой с концов перпендикулярного промерному профилю базиса;
- засечками двумя инструментами с базиса;
- графической засечкой на планшете мензулы с помощью кипрегеля;
- со льда в зимний период.

## **8. Изыскания трасс линейных объектов**

При изысканиях для строительства линейных сооружений, таких как дороги, каналы, трубопроводы, дамбы, линии электропередач и связи, основное внимание уделяется трассированию. Под *трассированием* понимается комплекс топографо-геодезических работ по изысканию трассы, отвечающей всем требованиям технических условий и дающей наибольший экономический эффект. В процессе изысканий трассы решаются две основные задачи:

- сбор необходимых топогеодезических и других материалов для составления проекта трассы и всех сооружений на ней;
- выбор оптимального варианта трассы, расположенной в максимально благоприятных условиях, на строительство и эксплуатацию которой пойдет минимум затрат.

*Трассой* называется ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности или нанесенная на топографическую карту. Основными элементами трассы являются *план* (проекция трассы на горизонтальную плоскость) и *продольный профиль* (вертикальный разрез по проектируемой линии).

В плане трасса имеет прямые участки разного направления, сопряженные между собой горизонтальными кривыми постоянного и переменного радиусов кривизны. В вертикальной плоскости трасса представляет собой линии различного уклона, при необходимости соединяемые между собой вертикальными круговыми кривыми.

Различают следующие основные виды трассирования.

1. По азимутально-высотным требованиям:

а) трассирование *по заданному направлению* – когда основная задача состоит в проложении наиболее короткой и экономически выгодной трассы без существенного влияния уклонов на ее проектирование (напорные трубопроводы, линии связи);

б) трассирование *по заданному уклону* – когда главное требование проектирования заключается в обеспечении допустимых уклонов трассы (каналы, самотечные трубопроводы);

в) *смешанное* трассирование – при котором сочетаются требования предыдущих видов трассирования, т.е. выдерживают допустимые уклоны, заданное направление и сопряжение трассы в плане, что обеспечивает оптимальные технико-экономические показатели трассы.

2. По стадиям проектирования линейного сооружения:



а) *камеральное* трассирование по картам, которое обычно выполняют на стадиях ТЭО и "Архитектурный проект";

б) *полевое* трассирование (проложение трассы на местности) на стадии "Строительный проект".

Камеральное трассирование начинается с того, что на топографической карте по результатам главным образом экономических изысканий намечают начальный, конечный и промежуточные пункты. Для различных вариантов трассы прокладывают между этими пунктами геодезические (воздушные) линии, определяющие положение трассы при обходе или пересечении контурных и высотных препятствий. При камеральном трассировании необходимо соблюдать основные технические требования или параметры трассирования, такие как предельно допустимые (руководящие) уклоны, минимальные радиусы кривых, габариты приближений и т.п. Для конкретных линейных сооружений могут задаваться и другие специфические параметры.

В частности, при строительстве дорог возникают следующие дополнительные требования: равенство объемов насыпей и выемок при минимальном перемещении земляных масс; сопряжение положительных и отрицательных уклонов горизонтальным участком дороги; проектная высота дорожного полотна над окружающей местностью и др.

Трассы линейных сооружений следует располагать на менее ценных для народного хозяйства землях.

Полевое трассирование заключается в рекогносцировке, выносе на местность и закреплении в натуре оси проектируемого линейного сооружения с использованием материалов камерального трассирования. Перенос трассы с карты на местность производят на основе данных привязки трассы к пунктам геоопоры или (при отсутствии таковых) к устойчивым элементам ситуации.

При полевом трассировании по заданному направлению выполняют следующие виды работ:

- определение положения трассы на местности, закрепление углов поворота и створных знаков;

- проложение по оси трассы теодолитных ходов с разбивкой пикетажа и составлением абриса прилегающей территории в пределах длины поперечного профиля;

- проложение магистральных нивелирных ходов, разбивку и нивелирование поперечных профилей;

- съемку площадок под инженерные сооружения, пересечений трассы, стесненных участков и участков со сложным рельефом;

- камеральную обработку материалов трассирования и составление разбивочных чертежей на стадии "Строительный проект".

## Лекция № 3

### Комплексные почвенно-мелиоративные исследования

1. Почвы Республики Беларусь и мелиоративный фонд.
2. Водный режим и водно-физические свойства почв.
3. Почвенная съемка.
4. Ботанико-культуртехнические изыскания.

#### 1. Почвы Республики Беларусь и мелиоративный фонд

В целом для территории Беларуси характерно большое разнообразие почв по степени увлажненности, гранулометрическому составу, агрохимическим и другим показателям. Наибольшее распространение имеют дерново-подзолистые нормально увлажненные (автоморфные) и заболоченные (гидроморфные) почвы, составляющие соответственно 42,3 и 25,4 % территории. В природном состоянии они характеризуются кислой реакцией среды, слабой обеспеченностью питательными веществами и наиболее распространены в северных и северо-восточных районах.

Значительную площадь занимают торфяно-болотные (14,4 %) и дерновые заболоченные карбонатные почвы (9,3 % территории). Они обладают высоким потенциальным плодородием и после регулирования водно-воздушного режима и внесения минеральных удобрений дают высокие урожаи сельхозкультур. Характерные черты торфяно-болотных почв Белорусского Полесья – почти повсеместное подстиление рыхлыми песчаными отложениями и широкое распространение почв с небольшой (до 1 м) мощностью торфа.

В поймах рек формируются аллювиальные (пойменные) почвы, составляющие 8,6 % территории. Наибольшие площади таких почв сосредоточены на юге республики, где перспективно их использование путем строительства полейдерных систем.

Широкое проведение мелиоративных работ привело к необходимости конкретного учета территорий, нуждающихся в тех или иных видах мелиорации. В связи с этим появилось понятие "мелиоративный фонд", которое впервые ввел академик А.Н.Костяков. При этом он считал, что величина мелиоративного фонда определяется не только природными условиями, но и уровнем развития производительных сил.

*Мелиоративный фонд* – это мелиорированные земли и земли, требующие коренного или поверхностного улучшения посредством потенциально возможного проведения мелиорации (гидротехнических, культуртехнических, химических и т.п.).

В Республике Беларусь мелиоративный фонд определен на основании материалов крупномасштабных исследований, выполняемых институтами "Белгипрозем", "БелНИИПА", "Белгипроводхоз", "Полесьегипроводхоз", "Белгипролес". Земли мелиоративного фонда, как правило, нуждаются в нескольких видах мелиорации.

С учетом потребности почв в различных видах мелиорации в условиях Беларуси выделяются:

– мелиоративный фонд *переувлажненных* земель (гидромелиоративный фонд) – почвы с неблагоприятным водно-воздушным режимом постоянного и периодического избыточного увлажнения;

– мелиоративный фонд *культуртехнических* работ – земли, требующие сведения древесно-кустарниковой растительности, уборки камней, удаления пней и кочек, глубокого рыхления, планировки и т.п.;

– мелиоративный фонд земель, нуждающихся в *орошении* – минеральные земли легкого и среднего механического состава с глубоким залеганием грунтовых вод при возделывании овощей и трав;

– мелиоративный фонд земель, нуждающихся в *известковании* – почвы с повышенной кислотностью;

– мелиоративный фонд *рекультивируемых* угодий и фонд земель, требующих *окультуривания* путем доведения почвенного плодородия до среднего уровня.

В настоящее время общий фонд переувлажненных земель Республики Беларусь составляет 8,1 млн. га, в том числе первоочередной мелиоративный фонд – 4,8 млн. га. Фонд осушенных земель составляет 3,4 млн.га, в том числе сельхозугодий – 2,9 млн.га (из них: пашня – 1,2; сенокосы и пастбища – 1,7 млн.га).

Площадь закустаренных земель составляет 1 млн.га при ежегодном зарастании кустарником до 2 % сельхозугодий. При площади сельскохозяйственных угодий 9,0 млн.га около 10 % завалунено, более 20 % подвержено эрозии, практически все нуждаются в периодическом известковании.

## **2. Водный режим и водно-физические свойства почв**

Водный режим почвы представляет собой совокупность всех форм поступления, передвижения и расходования влаги в ее расчетном слое. Количественной оценкой водного режима является водный баланс почвы, т.е. сопоставление всех приходных и расходных элементов, формирующих водный режим.

Одним из основных видов почвенных исследований является изучение водно-физических свойств почвогрунтов. При почвенных изысканиях выполняется изучение и дается характеристика почв, почвообразующих и подстилающих пород на глубину до двух метров.

Местоположение опытных площадок для изучения водно-физических свойств выбирают после завершения почвенной съемки или на основе материалов прошлых лет и рекогносцировочного обследования объекта. Водно-физические свойства почв изучают в полевых, лабораторных и камеральных условиях.

Основными показателями водных свойств почвы являются *влажность, влагозапасы, влагоемкость*.

Влажностью почвы ( $\beta$ , %) называют содержание влаги в почве, выраженное в процентах от какой-либо ее константы: от массы сухой почвы (весовая влажность); от объема почвы ( $\beta^{об}$ ); от пористости ( $\beta^A$ ). Наиболее просто определяют *весовую* влажность почвы ( $\beta$ , %) стандартным *термостатновесовым* методом.

Образцы для определения  $\beta$  отбирают из стенки шурфа с учетом генетических и литологических горизонтов или при проходке скважин почвенным буром из каждого 10-см слоя до глубины 1 м и далее из каждого 20-см слоя в трехкратной повторности. При использовании бура (рис. 3.1.а) глубина отбора образцов фиксируется по меткам на его штанге. Объем пробоотборника должен обеспечивать получение трех почвенных образцов. Каждый образец почвы сразу помещается в бюкс (алюминиевый стаканчик диаметром 5 см и высотой 4 см с крышкой и выбитым номером) и должен заполнять в рыхлом состоянии не менее 2/3 его объема.

Взвешивание образцов выполняется на весах типа ВЛТК-500 с точностью 0,01 г. Для высушивания образцов применяют сушильные шкафы (термостаты) с электрическим подогревом. Высушивание навесок при температуре 105 – 110°C проводится до достижения их постоянного веса и составляет обычно 6 – 8 ч (для торфяных почв – в 1,5 – 2,0 раза больше). По окончании высушивания горячие бюксы закрывают крышками, оставляют остывать и после этого взвешивают.

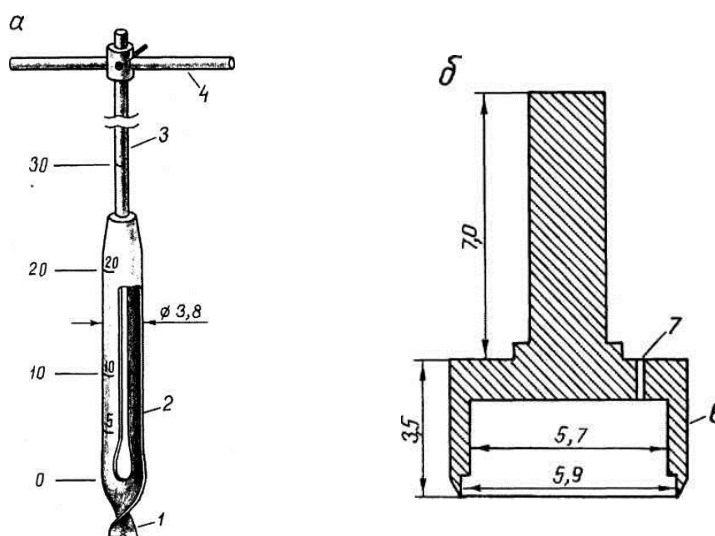


Рис. 3.1. Буры для определения влажности (а) и плотности (б) почв:  
 1 - наконечник в виде сверла; 2 - пробоотборник; 3 - штанга;  
 4 - ручка; 5 - режущий цилиндр; 6 - направляющая насадка;  
 7 - отверстие для выхода воздуха. Размеры даны в см.

Весовую влажность почвогрунта рассчитывают по формуле

$$\beta = \frac{P_B - P_C}{P_C - P_O} \cdot 100 \%$$

где  $P_B, P_C$  – масса бюксов с влажной и сухой почвой, г;

$P_0$  – масса пустого бюкса, г.

Влажность каждого слоя почвенного профиля определяется с точностью 0,1 % как средняя из трех измеренных повторностей.

*Плотность почвы* ( $\gamma_{об}$ , г/см<sup>3</sup>) – это масса единицы объема сухой (высушенной при 105 – 130° С) почвы ненарушенного сложения. Определяют ее в полевых условиях при помощи объемного бура с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup>. Для определения плотности минеральных почв используют бур, состоящий из режущего цилиндра и направляющей насадки (рис.8.2 б). В практике полевых исследований применяют цилиндры объемом от 50 (полевая лаборатория Литвинова) до 500 см<sup>3</sup> (прибор Качинского). Наиболее устойчивые результаты получают при соотношении диаметра цилиндра к высоте, равном 1,3 – 1,5.

Отбор образцов для определения плотности почвогрунтов выполняют из шурфа (одновременно с отбором образцов на влажность) в каждом генетическом горизонте и литологическом слое, но не реже чем через 30 см. После взвешивания образец перемешивают и отбирают 3 пробы в бюксы для определения влажности.

Плотность почвы рассчитывают по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{P_{100}}{V(100 + \beta)},$$

где  $P$  – масса влажного образца (без учета массы тары), г;

$V$  – суммарный объем образца, см<sup>3</sup>.

В торфяных почвах, где органические скопления и корневая система образуют пружинящую массу, применяют бур Зайдельмана. На режущей части его цилиндра имеются зубцы, заточенные по типу продольной пилы. Цилиндр вводят в торф равномерным вращением воротка направляющей насадки.

При изучении *влагоемкости почв* наибольший практический интерес представляет предельная полевая (или наименьшая) влагоемкость, которая является верхним пределом оптимальной почвенной влажности.

*Предельная полевая влагоемкость* (ППВ) соответствует максимальному содержанию капиллярно-подвешенной влаги в данном слое почвы при отсутствии испарения и подпитывающего влияния грунтовых вод. Понятие "*наименьшая влагоемкость*" практически совпадает с ППВ и отмечается при полном оттоке гравитационной влаги и глубоком залегании грунтовых вод.

ППВ определяют в полевых условиях при залегании грунтовых вод глубже 3 м методом *заливаемых площадок*. Суть метода состоит в насыщении влагой исследуемой толщи почвогрунта свыше его водоудерживающей способности и создании условий оттока гравитационной воды при отсутствии испарения. Для этого выбирают ровную площадку размером от 1 x 1 м (песчаные почвы) до 2 x 2 м (суглинистые), окружают ее уплотненным земляным валиком высотой 20 – 30 см и заливают водой до 200 – 250 л/м<sup>2</sup>, не размывая поверхности почвы. Чтобы исключить испарение, площадку закрывают полиэтиленовой пленкой. Подготовленную таким образом площадку

оставляют на определенное время для стока гравитационной влаги и достижения ППВ. После этого в центре площадки с помощью бура в трех-четырёхкратной повторности до требуемой глубины берут образцы на влажность почвы. Последующими отборами образцов фиксируется прекращение снижения влажности почвы за счет стока, что соответствует достижению влажности уровня предельной полевой влагоёмкости.

*Пористость (порозность, скважность)* почвы, выражающая процентное отношение объема всех пор почвы к ее общему объему при естественном сложении, вычисляется по зависимости

$$A = \frac{\gamma_{уд} - \gamma_{об}}{\gamma_{уд}} 100 \% = \left( 1 - \frac{\gamma_{об}}{\gamma_{уд}} \right) 100 \%$$

где  $\gamma_{об}$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;

$\gamma_{уд}$  – плотность твердой фазы (удельная масса) почвы, определяемая в лаборатории пикнометрическим методом, г/см.

*Влагозапасы* отдельного слоя почвы ( $W_i$ , м<sup>3</sup>/га) рассчитываются в зависимости от вида влажности почвы ( $\beta$ ,  $\beta^{об}$ ,  $\beta^A$ ) с использованием выражений

$$W_i = h_i \gamma_i \beta_i = h_i \beta_i^{об} = A_i h_i \beta_i^A,$$

где  $A_i$  – пористость  $i$ -го слоя почвы в долях единицы.

Общие запасы влаги почвогрунта определяются как сумма влагозапасов  $W_i$  его отдельных слоев.

Переход от размерности влагозапасов в м<sup>3</sup>/га к мм слоя воды осуществляется делением на 10, т.е. 10 м<sup>3</sup>/га = 1 мм слоя.

*Статистическую обработку* результатов водно-физических исследований выполняют с целью обоснования их расчетных показателей, используемых при проектировании мелиоративных мероприятий. Для этого проводят большое количество определений изучаемого показателя, позволяющее оценить его естественную изменчивость в пределах объекта. Минимальное количество измерений показателя, обеспечивающее допустимую погрешность его определения, ориентировочно рассчитывают по формуле

$$n = \frac{t^2 C_v^2}{S^2}$$

где  $n$  – количество почвенных выработок, измерений;

$t$  – табличное значение  $t$ -распределения Стьюдента;

$C_v$  – коэффициент вариации изучаемого показателя;

$S$  – допустимая относительная ошибка средней величины показателя (принимается в пределах 5 – 20 %).

Для обоснования расчетных (проектных) показателей водно-физических свойств почв строятся их кривые распределения вероятностей и определяются величины заданной нормативной обеспеченности.

### 3. Почвенная съемка

Почвенную съемку выполняют на топографической основе (топоплане объекта) путем закладки с определенной густотой на местности почвенных выработок. С целью составления схемы размещения почвенных разрезов и опытных участков съемке предшествует рекогносцировочное обследование района изысканий, т.е. ознакомление с его геоморфологией, почвенным и растительным покровом.

Масштаб топографической основы должен соответствовать заданному масштабу почвенной съемки или быть на один порядок крупнее. При выборе масштаба почвенной съемки учитывают стадию проектирования и категорию сложности природных (почвенно-мелиоративных) условий. Последние определяются следующим образом:

I категория – районы с однородным почвенным покровом; почвенные комплексы занимают не более 15 % площади, заболоченные почвы занимают не более 5 % площади;

II категория – районы с однородным почвенным покровом, разнообразными почвообразующими породами, изменчивой растительностью и расчлененным рельефом; почвенные комплексы занимают до 30 % территории, болота и заболоченные почвы – не более 20 % площади;

III категория – районы с очень неоднородным почвенным покровом; почвенные комплексы занимают более 30 % территории, заболоченные земли – более 20 %.

Для обоснования почвенных контуров при съемке закладывают почвенные шурфы, прикопки и скважины.

*Почвенные шурфы* (разрезы) закладывают на преобладающих геоморфологических элементах рельефа с целью изучения строения и особенностей почвенного профиля, характера почвообразующих и подстилающих пород, распределения влаги, плотности и других свойств. Шурфы проходят на глубину 2 м (при отсутствии грунтовых вод, песков-плывунов или пород, не поддающихся воздействию кирки или лома). В плане шурф имеет прямоугольную форму шириной 0,6 – 0,8 и длиной 1,5 – 2,0 м. Одна короткая сторона (передняя стенка), по которой отбираются образцы, должна быть обращена к Солнцу. На противоположной стороне устраиваются ступеньки.

*Прикопки* закладывают для уточнения границ почвенных контуров на глубину не более 75 см. *Скважины* проходят вместо шурфов на обводненных почвах, при съемках для составления картограмм кислотности почв или вместо прикопок.

Каждый почвенный контур, кроме повторяющихся мелких (до 1 см<sup>2</sup> на карте), должен быть обоснован шурфами или прикопками. Плотность расположения почвенных шурфов, зависящая от масштаба съемки и сложности природных условий, приведена в табл. 3.1.

При почвенной съемке образцы отбираются по генетическим горизонтам из их середины по всей передней стенке шурфа. После отбора образцы сразу

помещаются в закрытую тару (полиэтиленовые мешочки, бьюксы и т.п.), предохраняющую их от высыхания.

Анализы почв при съемке делятся на *полные* (для их генетической характеристики и определения важнейших свойств) и *массовые* (для обоснования состава и объемов мелиорации). Вес образца для полных анализов должен быть не менее 600 – 700 г., для массовых – 100 – 500 г.

В состав полных анализов из шурфа входят определения: гумуса; основных агрохимических свойств; гранулометрического состава; плотности твердой фазы; максимальной гигроскопичности; ботанического состава, степени разложения и зольности торфа; устойчивости кротовых дрен; содержания подвижного железа.

Таблица 3.1. Среднее количество шурфов, закладываемых на 1 км<sup>2</sup> почвенной съемки

Масштаб съемки	Категория сложности природных условий		
	I	II	III
1:100000	0,20	0,25	0,33
1:50000	0,75	0,9	1,2
1:25000	1,5	2,0	2,5
1:10000	3,0	5,6	6,7
1:5000	8,0	12,0	15,0
1:2000	20,0	25,0	35,0

Составление *картограмм кислотности* почв с целью их известкования выполняют на основе имеющихся почвенных карт масштаба 1:10000. Среднее количество выработок на 1 км<sup>2</sup> съемки составляет 10– 15 (для анализов рН солевой вытяжки) и 2-3 (для анализов емкости поглощения, гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований). Отбор образцов производят почвенным буром на глубину пахотного слоя.

При нанесении почвенных контуров отклонение их границ на карте не должно превышать для резко выраженных границ на местности 2 мм, ясно выраженных – 4 мм, неясно выраженных – 10 мм. В случаях сложной структуры почвенного покрова допускается нанесение на карту двух- и трехчленных почвенных комбинаций с указанием процента подчиненных почв.

#### 4. Ботанико-культуртехнические изыскания

При почвенно-мелиоративных изысканиях наряду с почвенной съемкой проводят ботанико-культуртехническую. Последняя выполняется на основе проведения геоботанических и культуртехнических исследований.

*Геоботанические* исследования состоят в изучении растительных сообществ (ассоциаций) и условий их произрастания. Основные задачи этих исследований: характеристика естественных кормовых угодий с целью обоснования метода их улучшения; качественная и видовая оценка древесно-



кустарниковой растительности; прогнозирование вида использования и водного режима почв.

Учет видового состава и описание растительных ассоциаций производится на учетных площадках с определением проективного покрытия того или иного вида. *Проективное покрытие* выражает площадь, которую занимает вертикальная проекция надземных частей растений данного вида на поверхности почвы, выраженную в процентах ко всей учетной площади. Покрытие травянистой растительностью определяется на учетных площадках в 1 м<sup>2</sup>. Размер площадок при исследовании древесно-кустарниковой растительности составляет 10 x 10 или 20 x 20 м.

*Культуртехнические* изыскания представляют собой изучение и описание технического состояния поверхности и пахотного слоя почвы с точки зрения ее эффективного сельскохозяйственного использования. В качестве элементов культуртехнического состояния земель выделяют наличие леса, кустарника, пней, камней, кочек, мохового очеса, дернины, валежника, выраженность микрорельефа, мелкоконтурность угодий, окультуренность почв.

Основными задачами культуртехнических изысканий являются: определение потребности и объемов культуртехнических мелиораций; обеспечение данными для проектирования рациональных способов и технологий культуртехнических работ на объекте; получение материалов для оценки изменения природной среды в результате мелиорации.

*Залесенность* земель характеризуется плотностью древостоя по количеству стволов на 1 га, средним диаметром стволов на уровне 1,5 м от поверхности и породным составом деревьев. К лесам относятся площади, на которых число деревьев на 1 га превышает величину  $n_{\min}$ , приведенную в табл. 3.2 в зависимости от диаметра стволов.

Основой при картировании лесов является выделение контуров, однородных по составу, крупности и густоте древостоя. Количественный учет видового состава древостоя проводят по группам пород: ель и сосна; береза, осина и ольха; ива; дуб, вяз и клен. Размеры учетных участков для густых насаждений составляют 10 x 10 м, для редких – не менее 50 x 50 м.

Таблица 3.2. Показатели крупности и плотности леса

Древостой	Диаметр стволов, см	Количество деревьев на 1 га			
		минимальное, $n_{\min}$	редкий лес	средний лес	густой лес
Крупный	>32	20	<80	80-320	> 320
Средний	24-32	40	< 160	160-520	> 520
Мелкий	16-23	75	<300	300-850	> 850
Очень мелкий	<16	100	<400	400-1400	> 1400

*Закустаренность* земель оценивается по диаметру стволов у корневой шейки, высоте кустов, их количеству на 1 га и степени покрытия площади

проекциями крон. Для характеристики кустарника, согласно данным табл. 4.3, выбирают типичные для территории мерные делянки 5 x 5 или 10 x 10 м.

По густоте и степени покрытия площади кустарник разделяют на густой – более 6000 кустов на 1 га; средний – 3000 – 6000 кустов на 1 га; редкий – 800 – 3000 кустов на 1 га. При этом степень покрытия составляет соответственно: более 60; 30 – 60 и 10 – 30 % площади.

Для оценки закустаренности на исследуемом участке по его диагонали закладывают 3 – 5 делянок. На каждой делянке определяют количество стволов по видовому составу, а также по диаметру прикорневой шейки и высоте в интервалах, указанных в табл. 3.3.

Определение высоты древесно-кустарниковой растительности производится эклиметром-высотометром или измерением срубленного ствола. Диаметр замеряют мерной вилкой или штангенциркулем.

Процент закустаренности (степень покрытия) участка выявляют визуально по площади, занимаемой проекциями крон.

*Поверхностная пнистость* исследуется на участках лесных вырубок, которые зачастую вовлекают в сельскохозяйственное использование при осушении или осваивают без него. Пни характеризуют по размерам, давности рубки, породному составу и количеству на 1 га.

Таблица 3.3. Характеристика древесно-кустарниковой растительности по размерам

Вид растительности	Диаметр стволов, см	Высота, м
Мелколесье	12-15	>6
Кустарник крупный	8-12	5-6
Кустарник средний	3-8	3-5
Кустарник мелкий	<3	<3

Размеры пней определяют по их диаметрам на уровне 0,3 м от поверхности, выделяя мелкие – 12 – 23 см, крупные – 23 – 40 см, очень крупные – диаметром более 40 см. По возрасту (давности рубки леса) различают пни свежей рубки – 1 – 2 года, средней давности рубки – 3 – 4 года, давней рубки – 5 и более лет. По количеству пней на 1 га при их диаметре не менее 12 см поверхностную пнистость делят на малую (50 – 100), среднюю (100 – 200) и большую (200 – 300 шт./га).

*Пнистость торфяных почв* выражает их засоренность погребенной древесиной в виде пней, стволов и остатков деревьев. Наличие погребенной древесины усложняет работы по освоению земель. Пнистость определяют в верхнем полуметровом слое торфяных почв (без очеса) методом их зондирования с фиксацией попадания на пень или погребенный ствол. Зондирование выполняют металлическим щупом на глубину 50 см через 1 м по двум параллельным створам длиной 30 м, расположенным на расстоянии 1 м один от другого. *Каменистость (завалуненность)* почвы является весьма существенным фактором культуртехнической неустроенности земель.

Поверхностные и скрытые камни препятствуют механизированной обработке почв, повреждают сельскохозяйственную технику. Поэтому оценка каменистости составляет одну из основных задач ботанико-культур-технической съемки.

Степень каменистости почвы определяется в слое до 40 см и выражается в объеме поверхностного, полускрытого и скрытого камня на 1 га площади или в процентном ее покрытии камнями (табл.3.4.).

Таблица 3.4. Характеристика каменистости почвы

Степень каменистости	Объем камней, м <sup>3</sup> /га	Покрытие камнями, %
Слабая	5-20	<10
Средняя	20-50	10-20
Сильная	50-100	20-40
Очень сильная	> 100	>40

При оценке каменистости объем камня ( $V$ , м<sup>3</sup>) определяют через его средний диаметр по формуле

$$V = 0,7D_{\text{ср}}^3,$$

где  $D_{\text{ср}}$  – средний диаметр камня, равный среднеарифметическому значению его длины, ширины и высоты, м.

По среднему диаметру камни подразделяют на глыбы – более 1 м; крупные – 0,6 – 1 м; средние – 0,3 – 0,6 м; небольшие – 0,1 – 0,3 м; мелкие – 0,05 – 0,1 м; гальку и щебень – 0,01 – 0,05 м.

Внутрипочвенная каменистость выделяется по следующим градациям: слабая – до 0,5 %, средняя – 0,5 – 1,35, сильная – более 1,35 %. Учет скрытых камней проводят в двух-трех прикопках (выемках) размером 2 x 2 м и глубиной 0,5 м, расположенных внутри учетной площадки.

*Закочкаренность* земель определяется по количеству кочек на 1 га, их размерам (высоте) и происхождению. При количественном учете разделяют редкие кочки – менее 5 тыс. на 1 га, средние – 5 – 15 тыс. на 1 га, густые – более 15 тыс. на 1 га. Учет проводят на характерных площадках размером 10x10 или 5x5 м. По высоте различают низкие (карликовые) кочки – менее 25 см, средние – 25 – 40 см, крупные – 40 – 55 см, очень крупные – более 55 см.

Наличие *мохового очеса* определяют для характеристики его объемов и разработки технологии производства работ на болоте. По результатам отбора образцов на учетных площадках выделяют контуры со следующей мощностью мха: мелкоочесные – не более 15 см; средне-очесные – 16 – 20 см; выше среднего – 21 – 25 см; грубоочесные – более 25 см. Связность мха определяют его сопротивлением на разрыв. При слабой степени связности очес легко разделяется на отдельные волокна; при средней – волокна разделяются с трудом; при сильной – волокна не разделяются, а рвутся.

Наличие *дернины* и ее характер имеют существенное значение при выборе рационального способа первичной обработки почв. Дернину различают по

виду растительности (бобово-злаковая, злаковая, осоковая, торфяно-моховая и т.п.), по происхождению (дикорастущая и сеяная), по плотности и связи с почвой (рыхлая и связная). По мощности дернину разделяют на слабую – до 6 см, среднюю – 7 – 12 см и мощную – 13 см и более.

*Выраженность микрорельефа* определяют при наличии бугров, гряд, ям, воронок, мочажин, старых канав и т.п. Степень выраженности оценивают по размерам каждого из элементов рельефа и их количеству на 1 га для установления объемов планировочных работ. По выраженности выделяют микрорельеф: слаборазвитый – менее 200 м<sup>3</sup>/га планировки; среднеразвитый – 200 – 250 м<sup>3</sup>/га планировки; сильноразвитый – более 250 м<sup>3</sup>/га планировки.

*Контурность* полей определяют при укрупнении сельскохозяйственных угодий и выравнивании их границ с целью повышения производительности труда в земледелии. При наличии переувлажненных и засоренных земель в пределах поля последнее дробится на мелкие контуры, что ухудшает условия применения сельскохозяйственной техники. Первоочередному укрупнению подлежат поля с контурностью до 10 га. Укрупнение полей достигается в основном за счет культуртехнических мероприятий в сочетании с регулированием водного режима почв.

## Лекция №4

### Гидрологические и гидрометеорологические исследования

1. Задачи и состав гидрологических изысканий
2. Речная система и ее гидрографические характеристики
3. Речной сток и методы его исследования.
4. Полевые гидрометрические и гидрометеорологические работы.

#### 1. Задачи и состав гидрологических изысканий

К одному из основных видов инженерных изысканий относятся *инженерно-гидрометеорологические*. Они объединяют изучение *гидрологических* и *метеорологических* условий района (участка) строительства. Метеорологические и климатологические характеристики при этом зачастую принимаются по данным гидрометеорологической сети Комитета по гидрометеорологии.

Общая цель гидрологических изысканий состоит в обеспечении проектирования исходными данными для обоснования места, конструкции и параметров объекта, определения условий его эксплуатации, охраны водной и воздушной среды. При этом изучению подлежат: гидрологический режим рек, их устьевых участков и озер; климатические условия и отдельные метеорологические характеристики; гидрометеорологические процессы и явления.

В состав гидрологических изысканий входят следующие виды работ:

- подготовительные – сбор, анализ и обобщение имеющихся данных по режиму водных объектов;
- рекогносцировочные обследования рек и их бассейнов;
- нивелировочные работы на реках и водомерных постах;
- гидрометрические работы – наблюдения за уровнем, расходом, химическим составом воды, за ледовыми явлениями и водной растительностью;
- метеорологические наблюдения;
- изучение гидрометеорологических процессов и явлений, в том числе опасных;
- камеральное определение расчетных гидрографических, гидрологических и других характеристик.

При необходимости могут проводиться специальные исследования: водного баланса территории или объекта; условий формирования стока на эталонных бассейнах малых рек; гидравлических и микроклиматических условий объекта.

Конкретные задачи и состав изысканий зависят от степени изученности территории, вида, класса ответственности и стадии проектирования сооружения. Так, для изученной территории в задачи изысканий на предпроектной стадии входят в основном сбор материалов гидрометеорологической изученности, рекогносцировочное обследование водного объекта и площадки строительства. При этом расчетные гидрологические и метеорологические характеристики получают прямым переносом с репрезентативного поста на объект. В условиях неизученной территории на стадиях проектирования основное внимание уделяется полевым исследованиям и наблюдениям. В этом случае результаты полевых изысканий (гидрометрических, метеорологических и др.) используются для привязки к многолетним рядам наблюдений опорной сети Комитета по гидрометеорологии, что существенно повышает достоверность расчетных характеристик по объекту.

*Изученной* (по гидрометеорологическим условиям) считается территория при наличии репрезентативного поста или станции, отвечающих следующим условиям:

расстояние до площадки строительства и гидрометеорологические условия позволяют осуществлять перенос в ее пределы значений по каждой из требуемых характеристик режима;

наблюдения ведутся за всеми характеристиками, необходимыми для проектирования объекта;

качество наблюдений отвечает требованиям к достоверности используемых для расчетов данных;

ряды наблюдений гидрологических и метеорологических характеристик являются достаточно продолжительными для установления надежной связи с опорной станцией (постом) района.

*Недостаточно изученной* является территория, имеющая посты (станции), не отвечающие хотя бы одному из приведенных выше условий.

*Неизученной* считается территория с отсутствием репрезентативных постов (станций), а также в случаях, когда в формировании гидрологического режима локальные факторы преобладают над зональными.

Общая продолжительность изысканий зависит от времени, требуемого для организации и проведения наблюдений, комплекса полевых работ, гидрологических расчетов и составления технического отчета. Минимальная продолжительность наблюдений за режимом водных объектов и метеорологических элементов составляет годовой период, включающий все полные фазы гидрометеорологического режима. Полевые гидрологические и метеорологические наблюдения выполняются согласно соответствующим "Наставлениям гидрометеорологическим станциям и постам".

При камеральной обработке данных наблюдений точность вычислений не должна превышать точность натурных измерений. Гидрологические характеристики вычисляют с точностью: уровень воды – до 0,01 м; глубину реки – до 0,05 м; площадь живого сечения – до 1 м<sup>2</sup>; скорость течения – до 0,01 м/с; температуру воды – до 0,1 °С. Модули стока, уклоны водной поверхности и расходы наносов выражают двумя значащими цифрами, расходы воды – тремя значащими цифрами.

Особое внимание при выполнении изысканий следует обращать на выявление *экстремальных* значений гидрометеорологических характеристик (уровней, расходов воды, осадков и т.д.) за возможно больший период.

В подготовительный период выполняется сбор и ознакомление с имеющимися гидрологическими и климатическими материалами по району изысканий, а также изучается возможность использования материалов наблюдений опорной гидрометрической сети Комитета по гидрометеорологии.

В качестве критерия при назначении величины расчетной характеристики принимается *ежегодная вероятность превышения (обеспеченность)* этой величины, а для процессов – прогнозное их развитие к концу расчетного периода.

При организации полевых гидрологических наблюдений и исследований выполняют *нивелировочные работы*, основными видами которых являются: поперечное и продольное нивелирование рек; нивелирование водомерных постов и гидрометрических устройств.

Важным элементом рекогносцировочных обследований является сбор сведений об *опасных гидрометеорологических явлениях*, имевших место на исследуемом водотоке и его бассейне. К таким явлениям, прежде всего, относят: высокие подъемы и большие спады уровня воды; большое количество и интенсивность атмосферных осадков; большую скорость ветра и др. Данные гидрометеорологические явления считаются опасными при следующих количественных показателях: подъем уровня воды – затопление на глубину более 1 м при скорости течения более 0,7 м/с; дождь – слой осадков более 50; 100; 150; 250 и 400 мм соответственно за периоды 0,5; 2; 4; 9 и 14 суток; ливень

– слой осадков более 30 мм за 1 час и менее; ветер – скорость более 30 м/с, при порывах – более 40 м/с.

## 2. Речная система и ее гидрографические характеристики

Речной системой называется совокупность водных потоков, впадающих в одну главную реку, несущую свои воды в океан, море или озеро. Реки, впадающие непосредственно в главную реку, называются притоками первого порядка. В притоки первого порядка впадают реки, которые являются по отношению к главной реке притоками второго порядка. В последние впадают притоки третьего порядка и т. д.

В каждую реку стекает вода с определенной территории, называемой *речным бассейном* или *водосбором*.

Для выполнения гидрологических расчетов при обосновании проектов гидротехнических сооружений и мелиоративных систем необходимо располагать гидрографическими характеристиками реки и ее бассейна в заданном створе. Такие данные получают в камеральных условиях на основе имеющихся картографических материалов и проведения полевых исследований.

В числе основных гидрографических характеристик речной системы определяют:

- длину основного водотока, его средний уклон и извилистость;
- площадь водосбора, его средний уклон, среднюю ширину, коэффициенты формы и асимметрии водосбора;
- густоту речной сети;
- коэффициенты озерности, заболоченности и лесистости водосбора.

*Водосборная площадь* (или *площадь водосбора*) является важнейшей гидрографической характеристикой и представляет собой участок земной поверхности, с которой вода поступает в данную речную систему.

При определении водосборной площади ( $F$ , км<sup>2</sup>) для данного створа реки на топографической карте проводят водораздельную линию, проходящую по наиболее высоким отметкам земной поверхности и отделяющую данный водосбор от соседних. Точность определения водосборной площади зависит от масштаба карты, стадии проектирования, класса сооружения и составляет обычно 1/200 – 1/400. При меньшей точности измерения площади водосбора допускается применение палетки, а при повышенной – ее измеряют планиметром с двойным обводом фигуры водосбора при двух положениях полюса.

*Средний уклон водосбора* ( $J_{cp}$ ) определяется как средневзвешенная величина из уклонов  $i$  частей его площади  $f$ , расположенных между соседними горизонталями.

$$J_{cp} = \frac{i_1 f_1 + i_2 f_2 + \dots + i_n f_n}{\Sigma f_n}.$$

*Средняя ширина водосбора* ( $B_{cp}$ ) вычисляется как отношение водосборной площади  $F$  к длине основного водотока (реки)  $L$ .

*Длину реки* ( $L$ , км) определяют по карте посредством малого (1 – 3 мм) раствора измерителя. Для этого всю длину реки делят на небольшие участки (обычно между устьями впадающих притоков) и измеряют их в прямом и обратном направлениях, не допуская расхождений между результатами более 2 %. При отсутствии мелких извилин реки ее длину допускается измерять с помощью курвиметра.

*Средний уклон реки* ( $i$ , ‰) до гидроствора определяют как отношение разности высот урезов воды в наиболее отдаленной точке речной системы и в створе к длине реки между ними. Разность отметок урезов воды в начале и конце исследуемого участка называют *падением* реки на данном участке. Продольные уклоны рек могут быть определены камерально по карте с имеющимися на ней отметками урезов воды или измерены непосредственно на местности путем нивелирования. При этом следует иметь в виду, что продольный уклон в пределах одной реки может изменяться в пространстве (по ее длине) и во времени (по фазам стока).

*Коэффициент извилистости* участка реки ( $K_{из}$ ) показывает отношение фактической ее длины с учетом всех извилин на участке к длине прямой линии  $\ell$ , соединяющей начальный и конечный пункты этого участка. В целом для реки среднюю извилистость находят как отношение ее полной длины, измеренной по карте, к сумме отрезков прямых, соединяющих начало и конец однообразно ориентированных участков реки.

*Коэффициент формы* водосбора ( $\eta$ ) отражает степень его вытянутости и определяется как отношение водосборной площади к квадрату длины основного водотока (протяженности водосбора) или отношение средней ширины к длине.

$$\eta = \frac{F}{L^2} = \frac{B_{cp}}{L}$$

*Коэффициент асимметрии* водосбора  $K_a$  выражает степень неравенства площадей левобережной  $F_l$  и правобережной  $F_n$ , частей водосборной площади относительно течения основного водотока.

$$K_a = \frac{F_l - F_n}{0,5 F}$$

*Густота речной сети* ( $\delta$ , км<sup>-1</sup>) отражает удельную длину всех водотоков на единицу водосборной площади.

$$\delta = \frac{L + \Sigma \ell}{F}$$

где  $\Sigma \ell$  – суммарная длина всех притоков (>2 км) основного водотока на водосборе, км.

Коэффициенты *озерности*  $\alpha$ , *заболоченности*  $\beta$  и *лесистости*  $\gamma$  выражают процент площади водосбора, занятой соответственно озерами  $f_{оз}$ , болотами  $f_b$  и лесом  $f_l$ .



$$\alpha = \frac{f_{оз}}{F} 100 \% ; \quad \beta = \frac{f_{л}}{F} 100 \% ; \quad \gamma = \frac{f_{л}}{F} 100 \%$$

### 3. Речной сток и методы его исследования

Сток рек зависит от комплекса физико-географических факторов, решающая роль в котором принадлежит климатическим условиям. На речной сток оказывают также существенное влияние рельеф бассейна, его почвенно-геологические условия, растительный покров и гидрографические особенности.

К основным климатическим характеристикам, влияющим на речной сток, относятся: осадки, испарение, температура воздуха, влажность воздуха и воздушные течения. Осадки и испарение непосредственно определяют величину стока и его распределение во времени. Другие климатические факторы влияют на сток косвенно, увеличивая или уменьшая осадки и испарение.

Вода стекает в реки по склонам местности. Чем круче эти склоны, тем скорость стекания воды выше, тем меньшее ее количество теряется на испарение и просачивание в грунт.

Почвенно-геологическое строение бассейна определяет возможность фильтрации воды в грунт и характеризует условия стекания ее в реки подземным путем. Легко проницаемые грунты (песчаные, галечниковые и др.) задерживают выпавшие осадки и тем самым уменьшают поверхностный сток. В то же время они способствуют более равномерному питанию реки в течение года за счет увеличения запаса грунтовых вод.

Влияние растительности на речной сток проявляется разнообразно. Травяная растительность уменьшает поверхностный сток за счет большей фильтрации воды в грунт и увеличения потерь воды на испарение и транспирацию. Лес оказывает в большинстве случаев положительное влияние на речной сток; увеличивается количество осадков, уменьшается испарение с почвы, более медленно тают снега и др. Отрицательное влияние леса на сток сказывается в увеличении потерь влаги на транспирацию и испарение с крон деревьев.

На речной сток также оказывают влияние размеры и форма водосборной площади, густота речной сети, наличие озер и болот в бассейне и другие гидрографические особенности.

При изучении водного режима рек и выполнении различных гидрологических расчетов используют следующие основные характеристики речного стока:

1. Расход воды  $Q$ , м<sup>3</sup>/с, характеризующий водность реки в интересующем пункте в любой момент времени.

2. Средний расход воды  $Q_{ср}$  – среднеарифметическая величина ежесуточных секундных расходов за определенный период времени (декаду, месяц, сезон, год)

$$Q_{\text{cp}} = \frac{\sum Q_i}{t_d},$$

где  $\sum Q_i$  – сумма секундных расходов за все дни рассматриваемого периода;  
 $t_d$  – число дней в периоде.

Средний расход за месяц называется среднемесячным, за год – среднегодовым и т. п.

3. Объем стока  $W$  – объем воды, который стекает с бассейна в реку и протекает по ней в интересуемом пункте за определенный период времени

$$W = 86400 Q_{\text{cp}} t_d,$$

где 86 400 – число секунд в сутках.

Для объема годового стока формула имеет вид

$$W_r = 31,536 \cdot 10^6 \cdot Q_{\text{cp}},$$

где  $31,536 \cdot 10^6$  – число секунд в году (в високосном году  $31,622 \cdot 10^6$  с).

4. Высота слоя стока  $h$  – высота такого слоя воды, которым можно покрыть площадь бассейна реки выше рассматриваемого пункта, если распластать на ней равномерно весь объем стока за изучаемый период времени:

$$h = \frac{W \cdot 10^3}{F \cdot 10^6} = \frac{W}{1000 F} \text{ мм},$$

где  $F$  – площадь бассейна реки, км<sup>2</sup>;

$10^6$  – число квадратных метров в квадратном километре;

$10^3$  – число миллиметров в метре.

5. Коэффициент стока  $\eta$  – отношение высоты слоя стока к высоте слоя осадков  $P$  за один и тот же период времени:

$$\eta = \frac{h}{P}.$$

6. Модуль стока  $q$  – расход воды в л/с, который стекает в реку с каждого квадратного километра площади бассейна,

$$q = \frac{1000 Q_{\text{cp}}}{F} \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2\text{)},$$

где 1000 – число литров в 1 м<sup>3</sup>.

7. Норма стока – среднее значение любой из характеристик стока за многолетний период. Норму стока можно выразить в виде среднемноголетних значений расхода воды  $Q_0$ , объема стока  $W_0$ , высоты слоя стока  $h_0$  или модуля стока  $q_0$ .

Среднемноголетнее значение любой характеристики определяется путем деления суммы ее среднегодовых величин на число лет  $n$ , по которым устанавливают норму.

Норма стока является главнейшей гидрологической характеристикой водного режима реки. С определения ее величины начинается любой гидрологический расчет при проектировании различных технических сооружений на водных объектах.

Применение того или иного способа определения нормы стока зависит от полноты имеющихся исходных данных. При этом различают три основных расчетных случая:

1– когда имеются данные фактических наблюдений за стоком реки за многолетний период; 2– при наличии данных наблюдений за короткий промежуток времени; 3 – когда данные наблюдений отсутствуют.

Если имеются данные наблюдений за многолетний период, норму стока определяют как среднеарифметическую величину из всех средних годовых значений интересующей характеристики стока. Когда число лет, охваченных гидрологическим изучением, недостаточно для определения нормы стока с требуемой точностью, прибегают к удлинению имеющегося ряда наблюдений. Для этой цели выбирают поблизости другую реку с многолетним периодом наблюдений, бассейн которой сходен по своим физико-географическим условиям с бассейном рассматриваемой реки.

Нормы стока неизученных рек устанавливают по методу аналогии или по картам изолиний нормы стока.

Основной причиной колебаний годового стока является изменчивость климатических факторов. Поскольку наступление года той или иной водности зависит от большого числа случайных причин, расчет колебаний годового стока ведется по методам математической статистики, основанным на теории вероятности.

В гидрологических расчетах широко используют два понятия математической статистики: *частота* и *обеспеченность*.

*Частота* показывает, во скольких случаях за рассматриваемый период времени та или иная гидрологическая характеристика реки имела значения в определенных интервалах. *Обеспеченность* показывает, в скольких случаях интересующая характеристика имела значения равные или большие определенной величины.

Частота и обеспеченность гидрологических характеристик может быть выражена графически в виде кривых распределения и обеспеченности. Эти кривые строятся или непосредственно по данным наблюдений (эмпирические кривые), или с использованием закономерностей теории вероятности (теоретические кривые).

Для построения эмпирической кривой обеспеченности необходимо иметь данные наблюдений за период не менее 30–40 лет. При наличии более короткого ряда данных колебания годового стока рассчитывают по теоретической кривой обеспеченности.

Максимальные расходы воды необходимо знать для расчета различных гидротехнических сооружений: мостов, плотин и др. Ошибка в определении максимального расхода может привести либо к разрушению, либо к излишнему удорожанию стоимости сооружения. На большинстве рек СНГ максимальные расходы наблюдаются в период весеннего половодья.

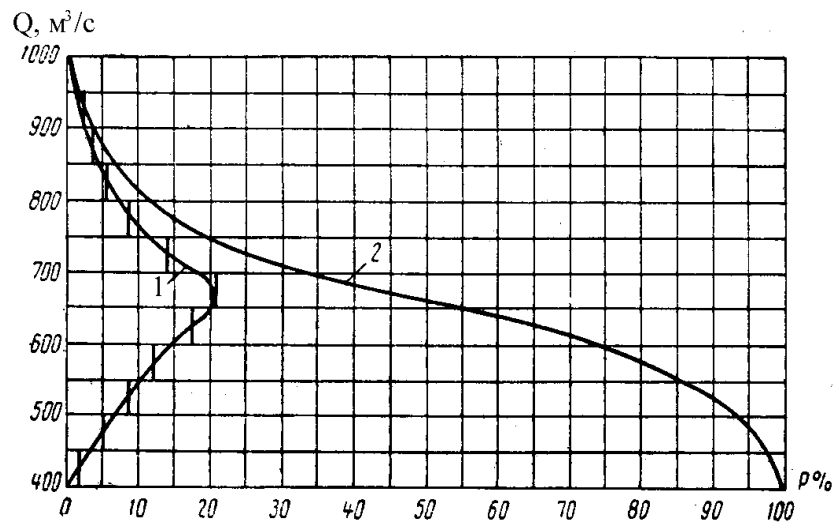


Рис. 4.1. Эмпирические кривые распределения (1) и обеспеченности (2) речного стока.

Размеры сооружений рассчитывают на максимальные расходы определенной обеспеченности. Чем большее производственное значение имеет сооружение, и чем опаснее последствия его разрушения, тем допускается меньшая вероятность превышения расчетного расхода.

Таблица 4.1. Расчетная обеспеченность максимального стока по классам капитальности сооружений

Класс капитальности сооружений	I	II	III	IV
Расчетная вероятность превышения, $p, \%$	0,01	0,1	0,5	1,0

Процент обеспеченности максимальных расходов устанавливают в соответствии с требованиями действующих технических условий по проектированию сооружений. Все постоянные сооружения разбиты по капитальности на четыре класса. Наиболее ответственные сооружения относятся к первому классу капитальности.

При проектировании постоянных сооружений (независимо от их класса), разрушение которых может вызвать катастрофические наводнения, нормами допускается уменьшение расчетной обеспеченности максимального расхода воды до 0,01%.

Временные гидротехнические сооружения следует рассчитывать на максимальный расход обеспеченностью 10%.

#### 4. Полевые гидрометрические и гидрометеорологические работы

Основным видом полевых гидрологических изысканий являются *гидрометрические работы*. Они выполняются для привязки данных полевых наблюдений к многолетним рядам наблюдений опорной сети Комитета по гидрометеорологии с целью обоснования расчетных гидрологических характеристик. Поэтому гидрометрические наблюдения должны охватывать

максимально продолжительный период, по возможности включая этапы проектирования и строительства.

В состав гидрометрических работ входят:

- организационные мероприятия;
- наблюдения на водомерном посту за уровнем воды, основными метеоэлементами, ледовыми явлениями и водной растительностью;
- изучение химического состава воды;
- промерные русловые работы;
- измерение скоростей и расходов воды, наблюдения за наносами.

Организация гидрометрических работ заключается в выборе места и устройстве водомерного поста и гидрометрических створов, высотной привязке постовых устройств, обучении наблюдателя и оформлении технического дела поста.

Наблюдения за уровнями воды производятся на водомерных постах, которые в зависимости от формы русла и берегов реки устраиваются следующих типов: речные (с вертикальной и наклонной рейкой), свайные, смешанные, передаточные.

*Речные посты* с вертикальной рейкой устраиваются на участках рек с обрывистым берегом при наличии гидротехнических сооружений с таким расчетом, чтобы исключить опасность повреждения рейки плывущими предметами и обеспечить подход к рейке при любой высоте уровня воды. Посты с наклонной рейкой удобно устраивать на искусственном укреплении берегового откоса. Деления наклонной рейки принимаются равными  $\lambda / \sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол наклона рейки к горизонту, а  $\lambda$  – цена деления вертикальной рейки, равная 1 – 2 см.

*Свайные посты* устраиваются на участках рек с пологим берегом и значительной амплитудой колебаний уровня воды там, где невозможно устройство речного или передаточного поста. Сваи устанавливаются в створе, перпендикулярном течению реки и нумеруются сверху вниз. Площадка (головка) верхней сваи должна быть выше наивысшего, а нижней сваи – ниже наинизшего уровня воды в реке на 0,25–0,5 м. Превышение между головками соседних свай принимается около 0,7–0,8 м, а при пологом берегу – 0,2–0,4 м.

На свайных постах целесообразно применение стандартных металлических винтовых свай ПИ-20 многократного использования. При отсутствии стандартных свай на временных постах применяют деревянные или бетонные сваи, а также отрезки металлических труб. Деревянные сваи диаметром 20 – 25 см забиваются на глубину не менее 1,5 м так, чтобы они углубились не менее чем на 0,5 м в непромерзающий слой грунта. На торфяно-илистых грунтах сваи должны углубляться не менее чем на 0,5 м в подстилающий плотный грунт. В горизонтальные торцы деревянных свай вбиваются гвозди или болты с полусферической шляпкой.

*Смешанные посты* устраиваются на участках рек, имеющих резкие переломы склонов берегов. В этом случае на крутой части берега устанавливается рейка, а на пологой – сваи. При наличии сооружений,

например мостов, уровни меженных вод наблюдают по сваям, а уровни высоких вод – по вертикальной рейке, укрепленной на устой моста.

*Передаточные* посты устраиваются на участках с высокими крутыми берегами при затруднении подхода к воде, а также при наличии мостов и гидротехнических сооружений. Высота уровня воды на передаточных постах измеряется расстоянием от зафиксированной постоянной точки сооружения (нуля наблюдения) до поверхности воды. Измерения, производятся с помощью размеченного троса с грузом на нижнем конце или удлиненной переносной рейки. Наиболее целесообразным видом передаточного поста является применение самописцев уровня воды. Применяются самописцы суточного действия (с ежедневной сменой лент) и длительного (со сменой лент через 2, 4, 8, 16 и 32 сут).

Наблюдения за *речным стоком* являются одной из основных задач гидрометрических работ и заключаются в определении расходов воды во все характерные фазы стока. В практике гидрологических изысканий применяют следующие методы определения расхода:

- *гидрометрические* – основанные на измерениях площади поперечного сечения и скорости течения водотока (сокращенно "площадь-скорость");
- *гидравлические* – на основе зависимости расхода от элементов потока в мерных устройствах и гидросооружениях;
- *объемные* – непосредственное измерение расхода с помощью мерных емкостей.

Наблюдения за *взвешенными наносами* заключаются в отборе проб воды на мутность с помощью батометров. *Мутностью воды* называют содержание массы взвешенных наносов в единице объема смеси воды с наносами ( $\text{г/м}^3$ ). Общее количество (масса) взвешенных наносов, которое проносится через поперечное сечение реки в единицу времени, называется *расходом взвешенных наносов* ( $\text{кг/с}$ ).

Важным элементом рекогносцировочных обследований является сбор сведений об *опасных гидрометеорологических процессах и явлениях*, имевших место на исследуемом объекте, водотоке и в его бассейне.

Изыскания в зоне возможного проявления опасных гидрометеорологических процессов должны обеспечивать выбор площадки строительства по возможности вне зоны действия этих процессов с учетом их направленности и развития и определение на основе натурных исследований характеристик процессов и явлений для разработки инженерной защиты.

Гидрометеорологические явления считаются опасными при следующих количественных показателях:

- *подъем уровня воды* - затопление на глубину более 1 м при скорости течения более 0,7 м/с;
- *ветер* - скорость более 30 м/с, при порывах - более 40 м/с;
- *дождь* - слой осадков более 50, 100, 150, 250 и 400 мм соответственно за периоды 0,5; 2; 4; 9 и 14 суток;
- *ливень* - слой осадков более 30 мм за 1 ч и менее;

- *гололед* - отложение льда на проводах толщиной более 25 мм;
- *смерч* - во всех проявлениях.

Таблица. 4.2. **Опасные гидрометеорологические процессы и явления**

Процесс, явление	Вид и характер воздействия процесса, явления	Область воздействия процесса, явления
Наводнение (затопление)	Затопление сооружений, расположенных в зоне воздействия процесса	Дно речных долин, прибрежная зона водохранилищ и озер
Ураганные ветры, смерчи	Динамическое воздействие на сооружения, достигающее разрушительной силы в зоне действия процесса	Ограниченная по фронту полоса, простирающаяся в направлении траектории движения процесса
Снежные заносы	Большие отложения снежного покрова, затрудняющие нормальное функционирование предприятий, транспорта	Зона действия метеорологического явления
Гололед	Утяжеление конструкций сооружений вследствие их покрытия льдом, изморозью	Отдельные природные зоны с различными показателями процесса
Русловые процессы	Аккумулятивно-эрозионное воздействие на дно, берега русла и пойму реки, нарушающее устойчивость или нормальные условия эксплуатации размещаемых здесь сооружений	В пределах русла, поймы реки и на прилегающей к ним территории
Переработка берегов рек, озер и водохранилищ	Эрозионное воздействие на берег с последующим его отступлением и разрушением размещаемых сооружений	В пределах прибрежной зоны реки, озера, водохранилища

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

Исходная информация для определения расчетных характеристик опасных процессов и явлений, имеющих вероятностный характер распределения в многолетнем разрезе, должна содержать ряды ежегодных значений их характеристик за длительный период наблюдений, а также сведения о выдающихся максимумах.

## Лекция № 5

### Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования

1. Задачи, состав и условия геологических изысканий.
2. Горно-буровые изыскательские работы.
3. Изыскания местных строительных материалов.
4. Изыскания биогенных грунтов и отложений.
5. Изыскания участков для добычи торфа.
6. Полевые опытно-фильтрационные работы.

#### 1. Задачи, состав и условия геологических изысканий

Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания составляют один из основных видов изысканий для строительства в целом и для сельского в частности. Они должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий участка строительства с целью обоснования проектирования с учетом охраны окружающей среды и прогноза ее изменений.

Применительно к водохозяйственным объектам данные изыскания проводятся для решения следующих задач:

- обоснования мест расположения и конструкций зданий, агропромышленных и других сооружений;
- получения характеристик грунтов, слагающих основания проектируемых зданий и сооружений, ложа прудов и водохранилищ;
- учета геологических процессов и явлений при разработке проектов и строительстве зданий и сооружений;
- выявления запасов местных строительных материалов и биогенных отложений;
- установления роли подземных вод в заболачивании массива для строительства;
- изучения водно-солевого режима и составления баланса подземных вод, оценки их ресурсов для, водоснабжения, обводнения, и прогноза их изменения.

Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания проводятся в соответствии с программой, которая в общем случае включает следующие виды работ:

- сбор, анализ и обобщение материалов изысканий прошлых лет и фондовых данных геолого-гидрогеологической изученности;
- полевая рекогносцировка объекта, разбивка маршрутов для инженерно-геологической и инженерно-гидрогеологической съемок;
- маршрутные наблюдения (описание местности, геоморфологических элементов, поверхностных отложений, геологических явлений);
- проходка горных выработок, разведочные работы;
- геофизические исследования;
- полевые исследования физико-механических свойств грунтов;
- гидрогеологические и опытно-фильтрационные исследования;



- стационарные наблюдения за геологическими явлениями, режимом и балансом подземных вод;
- лабораторные исследования свойств грунтов и химического состава подземных вод;
- опытные работы и специальные исследования грунтов на стройплощадках;
- камеральная обработка материалов изысканий и составление технического отчета.

Все виды полевых инженерно-геологических и гидрогеологических исследований по очередности и детализации проведения делятся на три основных комплекса работ: *рекогносцировку, съемку и разведку*.

Рекогносцировка представляет собой совокупность работ, проводимых на начальных этапах изысканий для получения фактического материала, характеризующего наиболее общие инженерно-геологические и гидрогеологические условия территории. Основным видом полевых изысканий являются инженерно-геологическая и инженерно-гидрогеологическая съемки, дающие комплексную оценку условий участка (района) строительства. Инженерно-геологическая разведка включает исследования на завершающих этапах изысканий, проводимые в пределах сферы предполагаемого взаимодействия сооружения с геологической средой.

Конкретный состав, объем и детализация отдельных видов работ устанавливаются в программе производства инженерных изысканий в зависимости от вида проектируемого объекта. При изысканиях выделяют три категории сложности инженерно-геологических и гидрогеологических условий, по которым определяют густоту разведочной сети, глубину горных выработок, трудоемкость работ и т.д.

Категория сложности природных условий определяется исходя из *рабочей гипотезы* геолого-гидрогеологического строения объекта, которая разрабатывается в программе изысканий на основе сбора, анализа и обобщения архивных и опубликованных материалов. При планировании методики и объемов работ учитываются также условия (степень) *проходимости* и *обнаженности* территории, по каждой из которых выделяют три категории: хорошая, удовлетворительная и плохая.

В зависимости от задач проектирования сельскохозяйственных объектов основу их изысканий составляют:

- а) комплексная инженерно-геологическая съемка с элементами гидрогеологии – для строительных площадок под сооружения;
- б) комплексная инженерно-гидрогеологическая съемка с элементами инженерной геологии – при изучении территорий и массивов.

Условием правильной организации полевого периода изысканий является эффективное сочетание процесса съемки с сопровождающими ее другими видами работ – геофизическими, буровыми, горными, опытно-фильтрационными и т.д. При выполнении инженерно-геологических и гидрогеологических полевых исследований и их камеральной обработке

должны учитываться и использоваться материалы геодезических, почвенных и гидрологических изысканий

Основу изысканий для строительства зданий и сооружений сельскохозяйственных объектов составляют комплексная инженерно-геологическая съемка масштаба 1:5000 и разведочные работы. Съемка включает подготовительные, маршрутные и полевые исследования с целью комплексной оценки инженерно-геологических условий места (площадки) предполагаемого строительства. В зависимости от площади исследований масштаб инженерно-геологической съемки может приниматься на одну ступень мельче или крупнее.

Важное значение при инженерно-геологических изысканиях площадок под сооружения имеет плановое расположение, плотность и глубина разведочных выработок. Расположение скважин должно обеспечить возможность построения геологических разрезов в направлениях, параллельном и перпендикулярном оси сооружения или объекта, и проходящих через наиболее ответственные и характерные участки его основания. При известном местоположении проектируемого сооружения разведочные выработки размещаются по его контуру и осям.

При разведке площадок отдельных сооружений и зданий общее число выработок в пределах проектного контура должно быть, как правило, не менее трех. В общем случае расстояния между горными выработками принимаются в пределах 20 – 30, 30 – 50 и 50 – 100 м соответственно для сложной, средней и простой категорий сложности инженерно-геологических и гидрогеологических условий.

Глубины горных выработок при изысканиях для зданий и сооружений на естественном основании следует назначать с учетом сферы взаимодействия с геологической средой. Разведочные выработки должны заглубляться на 1 - 2 м ниже величины *сжимаемой толщи* грунтов оснований фундаментов.

При отсутствии данных о величине сжимаемой толщи глубину выработок допускается устанавливать по табл.5.1 в зависимости от нормативной нагрузки на фундамент сооружения.

Таблица 5.1. Глубина разведочных выработок на площадках проектируемых зданий и сооружений

Ленточный фундамент		Квадратный фундамент	
Нагрузка на фундамент, кН/м	Глубина выработки от подошвы фундамента, м	Нагрузка на опору, кН	Глубина выработки от подошвы фундамента, м
до 100	4 – 6	до 500	4 – 6
200	6 – 8	1000	5 – 7
500	8 – 12	2500	7 – 9
700	12 – 15	5000	9 – 13
1000	15 – 20	10000	11 – 15
2000	20 – 23	15000	12 – 19

*Гидрогеологические* исследования на площадках проектируемых гидросооружений выполняются для решения следующих вопросов;

- количественной оценки притока воды в строительный котлован и определения эффективных способов водопонижения;
- определения фильтрационных потерь под основанием и в обход сооружения, а также обоснования противофильтрационных мероприятий;
- определения режима и подпора подземных вод на прилегающей к водохранилищу территории;
- оценки агрессивности подземных вод при воздействии на проектируемые сооружения.

На стадии "Строительный проект" основными видами изысканий являются *опытные работы и специальные исследования*, выполняемые для уточнения элементов проектирования, условий производства строительных работ и обоснования их прогрессивных методов. Для изысканий на данной стадии большое значение приобретают открытые строительные выработки, которые позволяют провести исследования физико-механических свойств пород в их естественном залегании и получить наиболее полные и достоверные инженерно-геологические материалы.

К опытным работам и специальным исследованиям относятся: проходка опытных котлованов; опытная укладка грунта в тело сооружения; пробная забивка свай и шпунта; опытное водопонижение и водоотлив; опытное замачивание просадочных грунтов.

## **2. Горно-буровые изыскательские работы**

Основными видами полевых инженерно-геологических изысканий являются съемочные и разведочные горно-буровые работы, опытные исследования грунтов, геофизические исследования.

*Буровые и горнопроходческие* работы заключаются в бурении скважин, проходке открытых горных выработок и относятся к наиболее трудоемким и дорогостоящим мероприятиям. Они ведутся как в порядке осуществления *поисковых* (съемочных) работ, т.е при обосновании наиболее благоприятного места расположения сооружения, так и в ходе *разведочных* работ, когда необходимо дать детальную оценку инженерно-геологических условий выбранной площадки строительства.

Тип, глубина и принцип размещения горных выработок зависят от вида объекта, стадии его проектирования и сложности природных условий. Инженерно-геологические выработки обычно размещают на основе геометрической формы объекта изысканий. Например, для сооружений линейного типа – по оси трассы и по поперечникам; для площадных объектов – по квадратной или другой сетке; для локальных сооружений по системе створов и поперечников. Расстояния между выработками зависят от конкретной задачи изысканий и могут приниматься в широком диапазоне от 20 до 500 и более метров.

*Буровые скважины*, используемые при изысканиях, можно классифицировать по их назначению, глубине и способу бурения.

По назначению (цели отбора образцов и виду работ в скважине) различают следующие типы скважин:

*зондировочные* – проходимые диаметром 33 – 127 мм для предварительного изучения геологического разреза; установления границ залегания заторфованных, мерзлых и скальных грунтов; определения уровня грунтовых вод;

*разведочные* – диаметром 108 – 219 мм с целью детального изучения геологического разреза; отбора образцов нарушенной структуры для определения основных физико-механических и водных свойств грунтов; выполнения простых и непродолжительных инженерно-геологических и гидрогеологических опытных работ;

*технические* (как вид разведочных) – диаметром 127 – 325 мм для отбора образцов ненарушенной структуры (монолитов); выполнения трудоемких и продолжительных опытных исследований грунтов (испытания штампом, на срез, прессиометрия);

*гидрогеологические* – диаметром 108 – 426 мм с целью изучения режима и химического состава подземных вод; определения фильтрационных свойств грунтов путем проведения откачек, наливов, нагнетаний воды (воздуха);

*специального назначения* – диаметром 600 – 2000 мм для проведения специальных работ, в т.ч. со спуском в них человека; опытных исследований грунтов и отбора монолитов больших размеров.

По глубине бурения выделяют скважины: неглубокие – 10 – 15 м, средние – 15 – 30 м, глубокие – 30 – 100 м и весьма глубокие (опорные) – 100 – 500 м и более. Скважины глубиной более 100 м применяются относительно редко и сооружаются обычно специализированными геологическими ведомствами для изучения геологических условий и опробования межпластовых вод, залегающих ниже регионального водоупора.

Наиболее широко при изысканиях используются неглубокие и средние скважины различного назначения. Для их проходки применяют, как правило, шнековый, вибрационный и ударно-канатный способы бурения. При выборе способа бурения учитывают состав проходимых пород, требования к качеству отбираемых образцов и экономические условия.

Образцы грунтов из скважин отбирают различными *грунтоносами*, а пробы воды – *пробоотборниками* после предварительной откачки. Для отбора образца породы с минимальным нарушением природной структуры в зависимости от ее плотности применяются *вдавливающие*, *забивные* или *обуривающие* грунтоносы. Вдавливающий грунтонос представляет собой отрезок тонкостенной стальной трубы, вдавливаемой в забой скважины при помощи штанги. Образец грунта во время извлечения удерживается в трубе силами трения о внутреннюю поверхность грунтоноса. Для отбора образцов нескальных грунтов ненарушенного сложения должны применяться грунтоносы с внутренним диаметром не менее 50 мм. Применение колонкового

способа бурения обеспечивает получение образцов пород (керн) с естественной структурой и влажностью.

Образцы отбирают непрерывно или послойно через 0,5 – 1,0 м, укладывают их в специальные ящики или упаковывают в защитную мастику, состоящую из парафина, воска, канифоли и минерального масла. Образцы разжиженного грунта отбирают *желонкой* или грунтоносом с клапаном и отправляют в лабораторию в герметично закрытых стеклянных банках.

Замеры уровней воды в скважинах проводят с помощью уровнемеров различных конструкций. Наиболее целесообразно использование уровнемеров с автоматической записью изменения уровня подземных вод.

При разведочных работах проходят *открытые горные выработки*, к которым относятся шурфы, расчистки, канавы, закопушки, шахты и штольни.

*Шурф* – вертикальная горная выработка сечением примерно 1,2 x 1,5 м и глубиной не более 25 м. Шурфы круглого сечения называют *дудками*. Шурфы проходят вручную или механизированно для вскрытия грунтов, залегающих горизонтально или моноклиinally. Шурф дает возможность произвести фотографирование, зарисовку залегания пластов, взять образцы пород, произвести полевые испытания грунтов.

*Расчистка* – выработка глубиной до 1,5 м для вскрытия грунтов на склонах при мощности перекрывающих отложений делювия или осыпи не более 1 м. Из расчистки отбирают образцы пород для лабораторных исследований и построения геологического разреза.

*Канавы* – выработка трапецеидального сечения с шириной по основанию около 0,6 м, глубиной до 3 м и протяженностью до 100 – 150 м. Канавы отрывают для вскрытия крутопадающих слоев грунтов при мощности перекрывающих отложений не более 1,5 м. Их целесообразно отрывать землеройными машинами и задавать им направление в крест простиранию пластов.

*Закопушка* – небольшая воронкообразная выработка диаметром около 0,3 м и глубиной до 0,6 м, выполняемая для вскрытия коренных пород при мощности перекрывающих отложений не более 0,5 м. Наибольшее применение закопушки находят при инженерно-геологической съемке.

*Шахты* – (вертикальные выработки сечением около 2x2 м и глубиной до 100 м) и *штольни* (горизонтальные выработки трапецеидального сечения высотой около 1,8 м, шириной по основанию 1,3 – 1,7 м и 1 м по верху) применяются относительно редко в сложных инженерно-геологических условиях. Штольни, имеющие выход на дневную поверхность, обычно устраивают в береговых склонах рек в крест простирания пластов.

По результатам буровых и горнопроходческих работ составляют разрезы скважин или шурфов в виде *инженерно-геологических колонок*. На основании нескольких колонок составляются инженерно-геологические *разрезы*. Направление разреза должно с наибольшей полнотой отражать основные характеристики грунтов, необходимые для инженерно-геологической оценки местности.

Все горные выработки после окончания работ и исследований должны быть ликвидированы путем их засыпки с трамбованием, тампонажем глиной или цементным раствором. В процессе ликвидационного тампонажа скважин обсадные трубы извлекаются, ствол скважины в пределах водоносного слоя засыпается чистым песком, а вышерасположенная часть тампонируется. Открытые горные выработки засыпаются выбранной из них породой в обратном порядке.

### 3. Изыскания местных строительных материалов

Естественные строительные материалы широко используются в сельскохозяйственном строительстве. Так, песок и гравий применяются в качестве заполнителей бетона, дренарующего материала в элементах дорог и гидросооружений; глинистые и лессовые грунты – как материал для гидроизоляции при возведении земляных плотин и дамб; бутовый камень – при строительстве фундаментов и набросных плотин и т.д. Поэтому в состав инженерно-геологических изысканий входят поиски и разведка месторождений местных стройматериалов в радиусе, как правило, не более 5 – 10 км от объекта строительства.

Основными задачами изысканий минеральных стройматериалов являются нахождение и изучение месторождений горных пород, удовлетворяющих по качеству и обеспечивающих по запасам потребности строительства; выявление условий доставки строительных материалов от месторождения к строительству (наличие и состояние дорог, водных путей).

Изыскания стройматериалов выполняются в соответствии с техническим заданием ГИПа, содержащим сведения о местоположении, типе и основных параметрах проектируемого сооружения, назначении и количестве требующихся стройматериалов и способе разработки полезного ископаемого. Выбор участка под месторождение должен быть согласован с землепользователем, районным землеустроителем и строительной организацией. Месторождения должны располагаться за пределами зоны санитарной охраны шириной 300 м (для рыхлых грунтов) и 500 м (для строительного камня) по отношению к населенным пунктам, зданиям и сооружениям, дорогам, линиям электропередач и т.п.

Разведка строительных материалов по степени детализации разделяется на *детальную, предварительную и поисковую* (категории А, В и С<sub>1</sub>). В соответствии со степенью разведанности (изученности) запасы стройматериалов подразделяют на четыре категории – А, В, С<sub>1</sub> (*разведанные*) и С<sub>2</sub> (*предварительно оцененные*).

К категории А относят запасы, разведанные и изученные с исчерпывающей полнотой, дающей возможность установить условия залегания, форму и строение месторождения, его качество и условия разработки; конфигурация тела полезного ископаемого определена буровыми скважинами и открытыми выработками; погрешность определения запасов не превышает 10 – 15 %.

К категории В относят запасы, изученные с детальностью, позволяющей выявить только основные особенности условий залегания, формы и характера строения полезного ископаемого; контур тела ископаемого определен разведочными выработками с элементами экстраполяции; погрешность подсчета запасов составляет 20 – 40 %.

К категории С<sub>1</sub> относят запасы, разведанные с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания, формы и строения тела полезного ископаемого; контур запасов определен сочетанием разведочных выработок с экстраполяцией по имеющимся данным; погрешность подсчета запасов доходит до 40 – 50%.

К категории С<sub>2</sub> относятся запасы, предварительно оцененные на основе литературных, геологических, геофизических данных и частично проверенных горными выработками.

Запасы полезного ископаемого, разведанные по категориям А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, должны превышать заявленную техническим заданием потребность соответственно в 1,2; 1,5; 2 и 3 раза. При разработке запасов категории А способом гидромеханизации их превышение должно составлять 1,5 раза.

По крупности, изменчивости строения и качеству полезной толщи, определяющих плотность разведочной сети, месторождения несвязных и связных стройматериалов (грунтов) делятся на три группы: 1 – месторождения крупные и средние, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого; 2 – крупные и средние, изменчивые по строению, мощности и качеству полезной толщи; 3 – месторождения средние и мелкие с резко изменчивым строением, мощностью и качеством полезного ископаемого.

Разведку месторождений производят последовательно: вначале выработки проходят от центра разведываемой площади к периферии по разреженной сетке, которую затем по мере необходимости сгущают путем уменьшения расстояний между выработками вдвое. Сетка выработок должна иметь правильную геометрическую форму в виде квадратов (для месторождений 1-й группы) или прямоугольников (для месторождений 2-й и 3-й групп). В последнем случае линии выработок (створы) располагаются перпендикулярно к длинной оси месторождения, а расстояния между линиями принимаются как максимальные расстояния между выработками. На разведочной линии должно располагаться не менее трех выработок.

Расстояние между выработками зависит от категории разведки, группы месторождения стройматериала и может быть ориентировочно принято по табл.6.2.

При проходке *несвязных* грунтов применяют обсадку скважины трубами, которая должна следовать непосредственно за забоем. Добавка в скважину какого-либо материала для ускорения проходки запрещается. Выход грунта при бурении определяют сравнением массы фактически поднятого на поверхность материала с подсчитанной по формуле

$$G = \frac{\pi d^2}{4} L \gamma$$

где  $d$  – внутренний диаметр бурового снаряда, м;

$L$  – мощность интервала опробования, м;

$\gamma$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>.

Нормальным при бурении скважин считается выход грунта от 70 до 100 %.

Таблица 5.2. Расстояния между выработками при разведке месторождений несвязных (числитель) и связных (знаменатель) стройматериалов, м

Группа месторождения	Категория разведанности запасов		
	$C_1$	B	A
1	$\frac{300 - 500}{300 - 400}$	$\frac{200 - 300}{150 - 200}$	$\frac{100 - 200}{100 - 150}$
2	$\frac{200 - 300}{200 - 300}$	$\frac{100 - 200}{100 - 150}$	$\frac{75 - 100}{50 - 100}$
3	$\frac{150 - 200}{100 - 200}$	$\frac{75 - 100}{50 - 100}$	$\frac{50 - 75}{30 - 50}$

При разведке месторождений *связных* грунтов кроме скважин закладывают открытые выработки – преимущественно шурфы и расчистки. Их количество должно составлять 10 – 20 %, а для детальной разведки неоднородных грунтов – до 45 % всех выработок. При проходке разведочных выработок производится полевое *описание* выработанного грунта: его наименование, цвет, влажность, состав, содержание включений, степень цементации и т.п. Отмечаются также появившийся и установившийся уровни грунтовых вод.

*Опробование* месторождений стройматериалов выполняется с целью определения их качества и соответствия требованиям стандартов, нормам и техническим условиям строительства. В зависимости от способа отбора образцов различают точечное, поинтервальное, послонное, поинтервально-послонное и погоризонтальное опробование. Образцы необходимо отбирать отдельно из каждого выделяющегося литологического слоя с интервалами 2 – 3 м (при значительной мощности слоя связных грунтов – с интервалом до 5 м). Кроме того, из опорных выработок через каждые 0,5 – 1 м берутся образцы грунта в бьюксы для определения естественной влажности.

Образцы нарушенного сложения несвязных и связных грунтов отбираются для полного комплекса лабораторных испытаний (массой 5 – 6 кг) либо для сокращенного комплекса (массой 2 кг). Масса образца гравийных грунтов для полного и сокращенного комплексов составляет соответственно 30 и 10 кг. Образцы ненарушенного сложения (монолиты) отбираются для определения плотности и размокаемости связных грунтов.

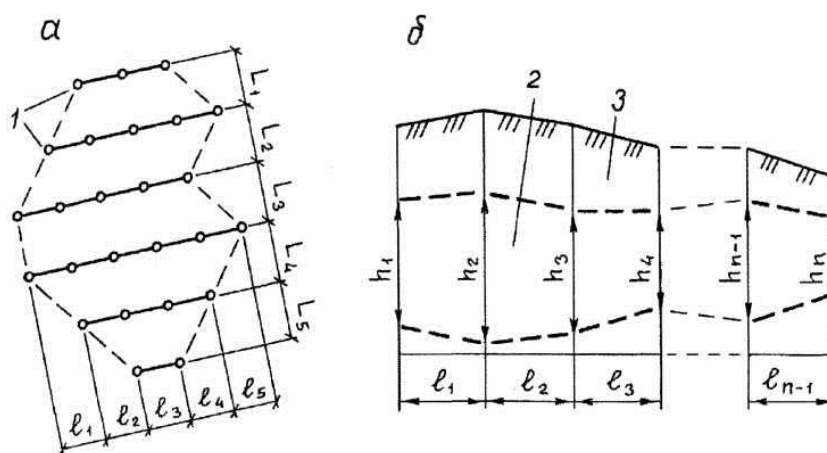
В полевых условиях *плотность грунта* определяется делением массы всего вынутого из шурфа грунта на объем выработанного пространства. Объем шурфа определяют, заполняя его измеренным объемом воды или сухого песка.



В первом случае дно и стенки выработки покрывают полиэтиленовой пленкой. Для грунтов без крупных включений размер выработки составляет 40х40х40 см, а для крупнообломочных пород – не менее 1 м<sup>3</sup>.

Коэффициент *разрыхления* грунта получают путем деления объема грунта, вынутого из шурфа и уложенного (без трамбования) в мерный ящик, на объем выработанного пространства.

*Подсчет запасов строительных материалов* производят различными способами в зависимости от требуемой точности их определения и схемы расположения разведочных выработок. При расположении выработок на прямолинейных профилях удобно использовать способ *параллельных разрезов*, основанный на геометрических построениях (рис. 5.1).



**Рис. 5.1. Определение запасов строительных материалов способом параллельных разрезов:**  
 а) план расположения профилей; б) разрез по разведочному профилю;  
 1 – разведочные выработки; 2 – строительный материал; 3 – вскрыша.

Согласно этому способу объем строительных материалов в контуре выработок рассчитывается по формулам

$$V_{CM} = \frac{F_1 + F_2}{2} L_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} L_2 + \dots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} L_{n-1};$$

$$F = \frac{h_1 + h_2}{2} \ell_1 + \frac{h_2 + h_3}{2} \ell_2 + \dots + \frac{h_{m-1} + h_m}{2} \ell_{m-1},$$

где  $F_1, F_2, \dots, F_n$  – площади, занимаемые строительными материалами по каждому из  $n$  разрезов;

$L_1, L_2, \dots, L_{n-1}$  – расстояния между разрезами;

$h_1, h_2, \dots, h_m$  – мощности полезной толщи по каждой из  $m$  выработок;

$\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_{m-1}$  – расстояния между выработками по разрезу.

Для подсчета объема *вскрышных работ* по этим формулам вместо мощности полезной толщи подставляется глубина залегания ее кровли по выработкам.

При произвольной схеме расположения разведочных выработок запасы строительных материалов можно определить по способу *среднего арифметического*.

Для этого находят среднюю мощность полезной толщи и вскрышных пород путем деления их суммарной по выработкам мощности на число выработок, входящих в контур подсчета запасов. Полученную среднюю мощность умножают на площадь разведанного участка и получают объем вскрышных грунтов и запасы полезного ископаемого.

#### 4. Изыскания биогенных грунтов и отложений

К биогенным относятся болотные, озерные, озерно-болотные, аллювиально-болотные и другие отложения, образовавшиеся в условиях избыточного увлажнения и недостаточной аэрации в результате накопления остатков растительных, животных организмов и микробиологических процессов.

Изыскания биогенных отложений выполняют в различных целях, основными из которых являются:

- исследование биогенных грунтов для использования в качестве материала и основания при строительстве плотин, дамб и дорог на осушаемых землях;

- разведка озерных сапропелей с целью добычи на удобрение и известкование кислых почв;

- разведка участков для добычи торфа на удобрение и подстилку.

Биогенные (болотные) грунты разделяются на следующие виды:

- а) грунты с примесью растительных остатков менее 10 % по массе;

- б) заторфованные грунты, содержащие 10 – 50 % растительных остатков по массе;

- в) торфы, содержащие растительных остатков более 50 % по массе;

- г) сапропели – пресноводные отложения, образовавшиеся при саморазложении органических остатков на дне застойных водоемов и содержащие более 10 % органических веществ по массе;

- д) болотные мергели – отложения озерного типа, содержащие более 50 % по массе углекислого кальция и практически не содержащие растительных остатков;

- е) илы – глинистые грунты, образовавшиеся как структурный остаток в воде при наличии микробиологических процессов.

Отличительной чертой данных грунтов является их высокая пористость и низкая прочность в естественном состоянии. Например, илы и сапропели при показателе текучести более 1 имеют коэффициент пористости соответственно более 0,9 и 3,0.

При изысканиях биогенных грунтов *под земляные сооружения* (плотины, дамбы, дороги) из всего разнообразия отложений по однородности выделяют два основных типа: 1 – относительно однородные по геотехническим свойствам отложения с простым однообразным характером залегания; 2 – отложения с весьма пестрым составом, частым чередованием слоев с различными геотехническими свойствами.

Изучение биогенных отложений по трассам плотин и дамб производится во всех случаях, если их мощность превышает 0,5 м. Отложения слоем менее 0,5

м удаляются при снятии растительного слоя под сооружения. Для насыпей дорог изучение отложений производится во всех случаях независимо от их мощности.

Для плотин и дамб высотой более 3 м расстояние между поперечниками составляет 40–50 м, а число скважин на поперечнике – 3 – 5 штук; при высоте насыпи менее 3 м – соответственно 100 м и 1 – 3 скважины.

При изысканиях под земляное полотно дорог скважины располагают по оси трассы через 100 м. Заглубление скважин, лопастные испытания крыльчаткой и отбор образцов грунтов производятся аналогично описанным выше. Водопроницаемость грунтов, как правило, не определяется. При использовании минерального грунта для возведения насыпи выполняется проходка скважин по оси притрассового резерва с заглублением в минеральный грунт на 2 м.

Показатели водно-физических свойств биогенных грунтов определяются опытным и расчетным путем. Лабораторным определениям подлежат: гранулометрический состав, влажность, влажность на границах пластичности, плотность (для слоев выше зоны капиллярного насыщения), плотность частиц грунта (содержащего карбонаты), зольность, коэффициент фильтрации, содержание карбонатов. Зона капиллярного насыщения (ЗКН) принимается в пределах 30 – 60 см выше уровня грунтовых вод.

Расчетным путем определяют: плотность (для слоев ниже ЗКН), плотность сухого грунта, плотность частиц грунта (не содержащего карбонаты), зольность (для грунтов, содержащих карбонаты), коэффициент пористости, сцепление при сдвиге, угол внутреннего трения, показатели компрессионных свойств, изменение водопроницаемости в процессе уплотнения, коэффициент уплотнения грунта в насыпи.

Влажность биогенных грунтов определяется термостатно-весовым методом. Образцы для ее определения вырезаются из грунта в естественных условиях его залегания в шурфах или из монолитов, извлекаемых из скважин грунтоносами.

Плотность биогенных грунтов в залежи выше ЗКН устанавливается путем взвешивания монолитов известного объема. Объем режущих колец и стаканов грунтоносов должен быть не менее 150 см<sup>3</sup>.

*Коэффициент фильтрации* водонасыщенных слоев биогенных отложений определяют в полевых условиях по методу П.К.Черника. Метод основан на использовании специального прибора для послойного определения водопроницаемости болотных грунтов (рис.5.2).

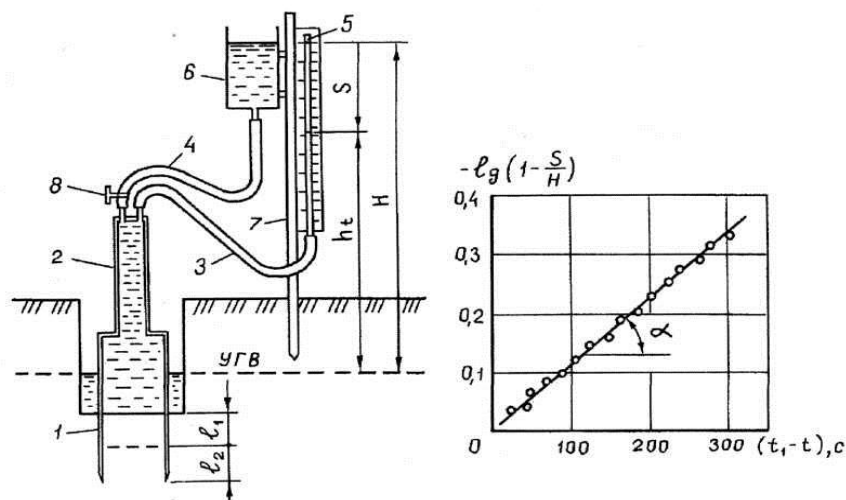


Рис. 5.2. **Определение водопроницаемости водонасыщенных болотных грунтов:** а) прибор для послойного определения коэффициента фильтрации; б) график для определения  $\text{tg } \alpha$ . Остальные пояснения в тексте.

Прибор состоит из тонкостенного стального стакана 1 (диаметром 10–15 см и высотой 40 см) с острой режущей кромкой и переходником 2 в виде двухдюймовой трубы. Длина переходника может меняться в зависимости от глубины опыта за счет удлинительных штанг. С помощью шлангов 3 и 4 к переходнику подсоединяются измерительная стеклянная трубка 5 диаметром около 1 см со шкалой и бачок 6 для заполнения прибора водой, которые крепятся на стойке 7.

Водопроницаемость грунта ниже УГВ определяется следующим образом. В забой скважины или в дно шурфа, пройденных до требуемой глубины, вдавливают стакан 1 на величину  $\ell = 5 - 10$  см. Затем заполняют прибор водой до верхней (нулевой) отметки на шкале трубки 5, пережимают зажимом 8 шланг от бачка и определяют скорость падения уровня воды в трубке в результате фильтрации в слое  $\ell_1$ . При этом фиксируют время  $(t, \text{с})$  снижения уровня воды в трубке ( $S, \text{см}$ ) на 10, 20, 30..., 90 см, занося результаты в таблицу.

С целью исключения погрешности опыта, вызванной нарушением верхнего слоя грунта  $\ell_1$  при зачистке дна выработки, производят повторное вдавливание стакана на дополнительную величину  $\ell_2 \geq \ell_1$ . Прибор заполняют водой вторично и повторяют опыт аналогичным образом с фиксацией времени  $t_1$  повторного снижения уровня на те же величины  $S$ . Для определения водопроницаемости ненарушенного слоя  $\ell_2$ , равного разности между фильтрующими слоями во втором и первом опытах, в дальнейших расчетах используют разность  $t - t_1$ .

Коэффициент фильтрации ( $K_{\phi}, \text{см/с}$ ) рассчитывают по формуле

$$K_{\phi} = 2,3 \frac{d^2}{D^2} 2 \ell_2 \text{tg } \alpha ,$$

где  $d, D$  – внутренние диаметры стеклянной трубки и стакана, см.

Для определения величины  $\text{tg } \alpha$  по опытными данным  $S$  и  $(t - t_1)$  строят график зависимости  $-\lg(1 - S/H) = f(t - t_1)$ , где  $H$  – начальный фильтрационный

напор, см. Точки на графике осредняют прямой линией (см. рис.40), по которой находят тангенс угла  $\alpha$ .

*Озерные сапропели* богаты ценными органическими и минеральными веществами и могут эффективно использоваться в качестве комплексных удобрений и для известкования кислых почв. По относительному содержанию органического вещества сапропели делятся на минеральные – 10 – 30 %, среднеминеральные – 30 – 50 % и слабоминеральные – более 50 % органического вещества. По виду различают торфянистый, водорослевый, зоогенный, известковый, песчаный и глинистый сапропели. Мощность сапропелевых отложений в озерах достигает 8 – 12 м и более. Их добыча на удобрения и для известкования почв осуществляется, как правило, гидромеханизированным способом с помощью плавучих землесосных установок.

Изыскания для проектирования производственного участка по добыче сапропелей из озера включают следующие основные работы:

- согласование возможности очистки озера с хозяйством (землепользователем), сельсоветом, жителями местных деревень;
- съемка озера в масштабе 1:5000 с замером глубин "чистой воды" и сапропелей по сетке 100 x 100 м;
- отбор проб сапропелей в 10 пунктах для общих лабораторных анализов (влажность, зольность, кислотность, содержание общего азота и минеральных элементов) и в 3 пунктах для специальных анализов (содержание микроэлементов и тяжелых металлов);
- топосъемки площадок под причал и для подъезда в масштабе 1:500, а также площадки для складирования сапропеля в масштабе 1:2000;
- бурение скважин через 1–1,5 км для характеристики литологического состава коренных берегов котловины озера и верхнего водоносного горизонта;
- сбор сведений о колебаниях уровня воды в озере;
- определение наличия водной и надводной растительности;
- представление отчета о разведке озера для утверждения запасов сапропелей.

## **5. Изыскания участков для добычи торфа**

Изыскания участков для *добычи торфа* на удобрение и подстилку (торфоразведочные работы) подразделяются на два этапа, каждый из которых в свою очередь состоит из двух последовательных стадий:

I этап – *поиски* торфяных месторождений;

- а) поиски, проводимые для выявления торфяных месторождений;
- б) маршрутные разведки, проводимые на выявленных месторождениях, имеющих перспективу использования.

II этап – *разведка* торфяных месторождений:

- а) рекогносцировочная разведка с целью оценки пригодности месторождения для торфодобычи в сельскохозяйственных целях и целесообразности детальной разведки;

б) детальная разведка, проводимая с целью получения необходимых и достаточных данных для составления *проекта эксплуатации месторождения*.

Запасы торфа по степени изученности делятся на категории, аналогичные категориям запасов стройматериалов (см. предыдущий раздел).

Запасы торфа, удовлетворяющие установленным кондициям для их подсчета и использование которых в настоящее время целесообразно, составляют *балансовые* запасы. Запасы, не отвечающие указанным условиям, составляют *забалансовые* запасы торфа.

К забалансовым относятся следующие запасы: имеющие зольность на сухое вещество свыше 35 %; расположенные под сельхозугодьями, инженерными сооружениями, заповедниками и т.д.; находящиеся под минеральным наносом мощностью более 1 м или под слоем некондиционного торфа, превышающего мощность кондиционного; при средней глубине торфяной залежи менее 1,0 м и 1,3 м на месторождениях площадью соответственно до и свыше 300 га.

Все виды торфоразведочных работ выполняются проектно-изыскательскими организациями после соответствующего разрешения Госторффонда при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды. Разведанные запасы торфа, которые могут служить сырьевой базой для проектируемых торфоучастков, подлежат обязательному утверждению в Госторффонде.

При производстве маршрутной, рекогносцировочной и детальной разведок торфяных месторождений выполняют топографо-геодезические и торфоисследовательские работы.

*Топографо-геодезические* работы имеют целью получение данных для составления плана торфяного месторождения и его водоприемника, а также выявления рельефа поверхности и дна торфяной залежи. В их состав входят: сбор материалов топографической изученности района изысканий; выбор схемы расположения съемочных поперечников; создание планово-высотного съемочного обоснования; топосъемка торфяного месторождения и водоприемника; трассировочные и камеральные работы.

Плановым обоснованием топосъемки служат теодолитные ходы, которые прокладываются на месторождениях площадью более 300 га в виде замкнутых полигонов, а при меньшей площади – в виде свободных ходов. Для съемки торфяного месторождения прокладывается *съемочно-зондировочная сеть*, состоящая из магистрального хода и поперечников. Магистральный ход прокладывается по середине месторождения в направлении наибольшей его длины, а поперечники – в перпендикулярном направлении через 100 м. Расстояние между пикетами по магистральному ходу и поперечникам составляет 100 м, а при длине поперечника менее 300 м принимается кратным 20 м с таким расчетом, чтобы число пикетов в пределах нулевых границ залежи торфа было не менее 5.

Топографический план торфяного месторождения составляется в масштабе 1:5000 и 1:10000 при площади разведки соответственно до и свыше 500 га.

*Торфоисследовательские* работы выполняются в следующем составе: зондирование торфяной залежи; отбор образцов торфа для лабораторного анализа и изучения стратиграфии залежи; исследование микрорельефа и описание растительности; исследование пнистости торфяной залежи; камеральные работы.

*Зондирование торфяной залежи* с целью определения ее глубин производится на всех пикетах магистрали и поперечников буром с закрывающимся челноком, обеспечивающим выемку образцов торфа из залежи. Определение общей глубины торфяной залежи выполняется с точностью до 0,1 м. При зондировании определяется также положение *нулевой границы* (границы выклинивания) залежи и *границы промышленной залежи* торфа. Граница промышленной залежи при всех видах разведки определяется по зондировочным глубинам 0,5 м, а при площади торфяного месторождения верхового и смешанного типов более 200 га – по глубинам 0,7 м.

## **6. Полевые опытно-фильтрационные работы**

В состав полевых гидрогеологических изысканий входят *опытно-фильтрационные работы* для определения фильтрационных и емкостных показателей почвогрунтов и пород. К таким показателям относятся коэффициенты фильтрации, водопроводимости, уровнепроводности (пьезопроводности), водоотдачи, перетекания, недостатка насыщения. Основными видами полевых опытно-фильтрационных работ по установлению водопроницаемости грунтов являются:

- *откачки* подземных вод из скважин – для грунтов зоны водонасыщения;
- *наливы* воды в шурфы и скважины – для ненасыщенных грунтов зоны аэрации;
- *нагнетания* воды в скважины – для ненасыщенных трещиноватых и закарстованных грунтов.

*Коэффициент фильтрации* ( $K_f$ ) является важнейшим показателем, используемым в расчетах при проектировании мелиоративных систем и гидросооружений. Различные способы его определения дают разную точность, которая зависит от выбранной схемы опыта, технических причин (нарушения структуры грунта при опыте) и от объема грунта, охваченного опытом. Так, например, при кустовой откачке в опыт вовлекается  $10^2 - 10^5$  м<sup>3</sup> грунта, при наливе в скважину или при экспресс-откачке – 1 – 10 м<sup>3</sup>, а при наливе в шурф – всего 0,1 – 0,5 м<sup>3</sup>. Вместе с тем экспресс-откачки и наливов значительно оперативнее и дешевле кустовых откачек, что обуславливает их широкое практическое применение при изысканиях.

*Откачки воды из скважин* делятся на следующие виды:

- экспресс-откачки* – проводятся из одиночной скважины продолжительностью до 0,5 сут для ориентировочной оценки водопроницаемости пород;

*пробные* – из одиночной скважины продолжительностью 0,5 – 2,0 сут для предварительной оценки водопроницаемости пород и химического состава подземных вод в вертикальном разрезе и по площади; для определения производительности скважины при назначении опытной откачки;

*опытные одиночные* – продолжительностью свыше 2 до 3 – 5 сут (при необходимости до 12 и более суток) для определения приближенных значений  $K_{\phi}$ , удельного дебита и зависимости дебита от понижения, определения изменения химического состава подземных вод в процессе откачки;

*опытные кустовые* – продолжительностью свыше 3 – 5 до 18 – 30 сут для установления расчетных гидрогеологических параметров (коэффициентов фильтрации, водоотдачи, уровнепроводности, перетекания) и изменения химического состава подземных вод;

*опытно-эксплуатационные* – из одиночной или группы скважин продолжительностью свыше 30 сут для установления закономерностей изменения уровней и химического состава подземных вод, дебита скважин, а также для опытно-производственного водопонижения при обосновании проектов дренажа.

*Экспресс-методы* основаны на фиксации кратковременных колебаний уровня воды в скважинах при откачках или наливах. Их целесообразно применять при изучении фильтрационных характеристик пород с относительно небольшой водопроницаемостью ( $K_{\phi} = 0,01 – 5$  м/сут). В сильнофильтрующих грунтах применение этих методов затруднительно из-за большой скорости восстановления уровня.

По конструкции скважин при производстве опыта экспресс-методы делятся на три группы: опыт в незакрепленных скважинах; в обсаженных скважинах с фильтром; в обсаженных скважинах без фильтра (через дно). В первом случае скважина должна иметь устойчивые стенки и заглубляться не менее чем на 0,4 – 0,6 м ниже статического уровня грунтовых вод. Для проведения опыта (рис.7.3) в скважине очень быстро создается понижение  $S_0$  почти до дна, после чего проводятся наблюдения за восстановлением уровня в ней  $S_t$  через 1 – 5 мин в начале опыта и 20 – 30 мин в конце.

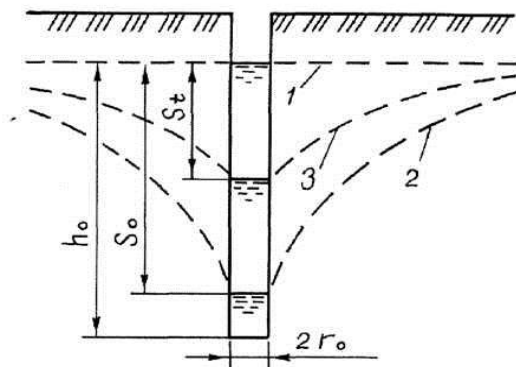


Рис. 5.3. Схема экспресс-откачки из скважины:  
1 – статический уровень грунтовых вод; 2 – начальное понижение УГВ;  
3 – положение УГВ при его восстановлении



По результатам наблюдений устанавливают зависимость восстановления уровня  $S_i$  от времени  $t$  и строят график связи  $\lg(S_0/S_t) = f(t)$ . Данный график должен иметь прямолинейный вид, а в противном случае его следует осреднять прямой в интервале  $(0,2 - 0,8)S_0$ . Тангенс угла наклона  $\varphi$  прямой графика определяют по зависимости

$$\operatorname{tg} \varphi = \left( \lg \frac{S_0}{S_t} \right) / t$$

Данная зависимость используется при вычислении  $K_\Phi$  по различным формулам. Для условий однородных грунтов и безнапорных вод применяются формулы К. Я. Кожанова и Г. Д. Эркина:

$$K_\Phi = \frac{m(h_0 - r_0)r_0^2}{h_0^2} \operatorname{tg} \varphi ;$$

$$K_\Phi = \frac{3,5r_0^2}{h_0 + 2r_0} \operatorname{tg} \varphi ,$$

где  $m$  – коэффициент, зависящий от радиуса скважины  $r_0$ ;  $m = 1\sqrt{r_0}$  ;

$h_0$  – глубина воды в скважине.

*Опытные одиночные* откачки позволяют определить удельный дебит скважины и его зависимость от понижения. Коэффициент фильтрации рассчитывается приближенно, поскольку радиус влияния скважины принимается косвенным путем (по таблицам или формулам). Наблюдения и расчеты проводятся на несколько ступеней понижения.

Для условий совершенной скважины и безнапорного водоносного пласта мощностью  $H$  коэффициент фильтрации рассчитывается по известной формуле Ж. Дюпюи

$$K_\Phi = \frac{0,732 Q (\lg R - \lg r_0)}{S_0 (2H - S_0)} ,$$

где  $Q$  – дебит скважины;

$R$  и  $r_0$  – радиусы влияния и фильтра скважины.

В условиях напорного водоносного пласта мощностью  $m$  формула Дюпюи имеет вид

$$K_\Phi = \frac{0,366 Q (\lg R - \lg r_0)}{mS_0} .$$

*Опытные кустовые* откачки дают наиболее точные и надежные данные о коэффициенте фильтрации и других гидрогеологических параметрах (показателях). Однако ввиду высокой стоимости и сложности их применения при изысканиях мелиоративных объектов пока ограничено и должно иметь технико-экономическое обоснование. При кустовом размещении скважин центральная (возмущающая) оборудуется насосом, а наблюдательные – приборами для измерения понижений уровня. Устья всех скважин нивелируется. Количество и схема расположения наблюдательных скважин зависит от гидрогеологических условий и задач изысканий на объекте.

Произведя замер уровней воды во всех скважинах, насосом из центральной начинают откачивать воду, изменяя положение статического уровня скважин. Откачка ведется не менее 3 – 5 сут до достижения установившегося режима, т.е. стабилизации динамических уровней в скважинах. Для получения надежных данных и зависимости дебита  $Q$  от понижения откачку выполняют несколько раз на различные величины понижения  $S_0$ . При каждом определении  $K_\Phi$  используются понижения уровня в двух наблюдательных скважинах  $S_1$  и  $S_2$  при данном установившемся режиме (рис. 6.4).

Для условий совершенной центральной скважины расчет проводится по формулам Ж. Дюпюи. Безнапорные воды:

$$K_0 = \frac{0,732 Q \lg(X_2 / X_1)}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)}$$

Напорные воды:

$$K_\Phi = \frac{0,336 Q \lg(X_2 / X_1)}{m(S_1 - S_2)}$$

где  $H, m$  – мощность безнапорного и напорного пластов;

$X_1, X_2$  – расстояния от центральной скважины до первой и второй наблюдательных.

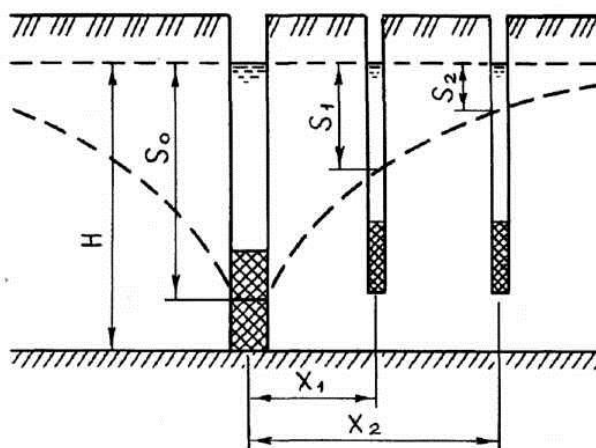


Рис. 5.4. Схема кустовой откачки для совершенной центральной скважины и безнапорных вод

*Наливы в шурфы* применяются для определения фильтрационных свойств ненасыщенных однородных изотропных грунтов верхней части

зоны аэрации. При этом глубина залегания уровня грунтовых вод от дна шурфа должна быть больше суммы высоты капиллярного поднятия и возможной мощности зоны опытного промачивания.

## Лекция № 6

### Мелиоративно-гидротехнические, экологические и агроэкономические исследования

1. Мелиоративно-гидротехнические изыскания построенных ранее объектов.
2. Изыскания для проектирования природоохранных мероприятий.
3. Радиологические изыскания территории.
4. Агроэкономические исследования

#### 1. Мелиоративно-гидротехнические изыскания построенных ранее объектов

Основными задачами обследований построенных мелиоративных и водохозяйственных объектов являются:

- оценка технического состояния объекта в целом и его элементов;
- определение эффективности действия мелиоративной системы и гидротехнических сооружений;
- оценка качества строительства объекта;
- обоснование необходимости и объемов реконструкции объекта;
- оценка влияния строительства, реконструкции и эксплуатации объекта на окружающую среду.

Объектами обследований и инвентаризации прежде всего являются: открытая и закрытая осушительная сеть с сооружениями, закрытая оросительная сеть с сооружениями, существующие пруды, плотины, дамбы, насосные станции, отдельные гидротехнические сооружения.

Обследование открытой осушительной сети выполняется, как правило, при необходимости ее реконструкции на закрытую. При этом инвентаризации подлежат: водоприемник, магистральные каналы, коллекторы, нагорно-ловчие каналы, сетевые сооружения, а также 1-2 характерных осушителя в системе каждого коллектора. По остальным осушителям замеряются 3-4 поперечных сечения для определения объема засыпки.

Перед началом работ обследуют исходные высотные геодезические знаки и устанавливают дополнительные временные (через 2 км) и постоянные (через 6-7 км) строительные реперы. Вдоль каналов разбивают пикетаж (с нумерацией пикетов от устья), выполняют продольное нивелирование открытой сети и элементов сооружений (пороги шлюзов, настилы мостов, оголовки труб-переездов и т.д.). Съёмку поперечных сечений выполняют через 100-200 м и в характерных местах.

При инвентаризации *открытой осушительной сети* определяют: фактические размеры каналов, состояние дна и откосов, места промоин и обрушений, сохранность креплений откосов, глубину и скорость течения воды, состояние и сохранность сооружений, степень заиления каналов и отверстий сооружений, выклинивание грунтовых вод в канале. Все наблюдения записываются в специальный журнал промера поперечных сечений водотоков.

Обследование *закрытой дренажной системы* с неудовлетворительной работой проводят при обосновании проекта ее переустройства. Обследование начинают с ознакомления с проектом системы и имеющейся исполнительной документацией. Затем на местности осматривают состояние водоприемника, каналов проводящей сети, дренажных устьев, смотровых колодцев, сетевых гидросооружений. Детально изучается состояние осушаемых полей, наличие западин и вымочек.

Для оценки эффективности действия дренажной системы организуют наблюдение за уровнем грунтовых вод на осушаемом массиве и измеряют дренажный сток. При необходимости выполняют топографическую съемку массива в масштабе 1 :2000.

Для того чтобы обследовать закрытые коллекторы и дрены, надо определить их местоположение на местности. При наличии исполнительного плана коллекторно-дренажной сети ее расположение устанавливают инструментальными измерениями от постоянных ориентиров. Зачастую местоположение закрытой сети определяют путем отыскания на местности. Направление закрытого коллектора или дрены можно установить визуально по светлым полосам просохшей почвы над траншейной засыпкой, а также по состоянию растительности. Над дренажными линиями неудовлетворительно работающей системы растительность отличается более мощным развитием и темно-зеленой окраской.

Точное местоположение дренажной линии определяют с помощью неглубоких поисковых траншей, прокапываемых на 5-10 см ниже пахотного слоя в поперечном направлении к отыскиваемой дрене. В поисковой траншее легко обнаруживается траншейная засыпка, которая отличается от минерального грунта естественного залегания меньшей плотностью и наличием темных гумусированных пятен. На торфяниках траншейная засыпка обнаруживается по светлым пятнам минерального грунта. При небольших объемах работ поисковые траншеи выполняются вручную, а при значительных - с применением экскаваторов, однокорпусных плугов и т.п. В торфяных грунтах положение коллектора или дрены можно определить зондированием с помощью дренажного щупа. Щуп изготавливается из круглого стального прута диаметром 8-10 мм и длиной 2 м.

После установления трассы дренажной линии ее обозначают вешками и одновременно отмечают места длительного застоя воды на поверхности вдоль трассы. В этих местах предполагается заиливание или повреждение дренажных труб и производится их обследование.

Состояние закрытых коллекторов обследуется путем отрывки шурфов через 20-40 м вручную или экскаватором. При использовании экскаватора над коллектором оставляется слой грунта 10-15 см, который выбирается вручную. После вскрытия коллектора устанавливают наличие защитных фильтрующих материалов, величину зазоров в стыках трубок и их смещение. Из шурфа вынимают 2-3 трубки и определяют степень их заиливания и наличие

железистых соединений. Фиксируют также наличие стока в дренах и уровень стояния грунтовых вод.

По дренажной линии разбивается пикетаж и производится продольное нивелирование отметок поверхности земли, верха трубок и УГВ в шурфах. В отдельных случаях на сырых участках с целью проверки продольного профиля нивелировка верха трубок производится через 2м.

Дренажный сток является одним из основных показателей эффективности работы осушительных систем. Наблюдения за дренажным стоком производятся как на системах с неудовлетворительным водно-воздушным режимом почв, так и на объектах-аналогах, обеспечивающих нормальный режим осушения. Такой подход позволяет более объективно оценивать эффективность действия исследуемой дренажной системы.

Наблюдения за стоком выполняются на отдельных системах дрен конкретных коллекторов. Системы дрен для замера стока подбираются таким образом, чтобы во время половодья и паводка устья коллекторов как можно меньше подпирались уровнями воды. Перед наблюдениями за стоком из коллекторов нужно определить состояние дренажного устья, его высоту над горизонтом воды, наличие наносов и т.д. Устье системы должно быть в исправном состоянии, без утечек воды в месте его соединения с каналом. Необходимо также иметь проектную или исполнительную документацию по системе (топографический план, профили, характеристику почвогрунтов).

Расходы дренажных систем при безподпорной работе измеряют объемным способом. Под устье коллектора подставляют сосуд известного объема и по секундомеру определяют время его наполнения. Объем сосуда выбирается из условия По секундомеру определяют время от момента введения до момента выхода красителя из устья.

При частичном заполнении устья расход определяется с помощью отрезка пластмассовой трубы длиной 4-6 м, которая соединяется гибким рукавом с дренажным устьем и укладывается под воду в русле канала. Краситель вводится через контрольную трубку, установленную в начале пластмассовой трубы. Далее расход вычисляется аналогичным образом с учетом длины и площади поперечного сечения пластмассовой трубы.

Расход дренажных коллекторов измеряют во все характерные периоды: начало работы дренажа, максимальный дренажный сток, спад дренажного стока и летние бытовые расходы.

Важным показателем состояния и работоспособности мелиоративных систем является уровень грунтовых вод на осушаемых землях и его соответствие норме осушения. Для наблюдений за УГВ на переувлажненных участках системы разбиваются створы и по ним устанавливаются смотровые колодцы. Количество створов и колодцев может быть различным (в зависимости от условий объекта, его площади и конфигурации), но достаточным для оценки осушительного действия отдельных характерных дрен и системы в целом.

Створы наблюдательных колодцев должны начинаться от водоприемника, пересекать участок осушения и выходить за его пределы на склоны до 100-200 м. Смотровые колодцы могут выполняться из асбестоцементных, пластмассовых или металлических труб диаметром 50-100 мм. Трубы устанавливаются в заранее пробуренные скважины или открытые шурфы в намеченных точках. Для исключения попадания в колодец поверхностных вод оставшиеся вокруг трубы щели тщательно тампонируются грунтом. Глубина колодца принимается на 0,5-0,7 м ниже УГВ на момент установки (для обеспечения возможности наблюдений в течение всего периода изысканий). Верх колодца должен быть выше поверхности почвы на 0,5-0,6 м.

Глубина грунтовых вод измеряется с помощью рейки с сантиметровыми делениями. Рейка медленно опускается до касания уровня воды, и производится отсчет по верхнему обрезу трубы. Если момент касания не виден, рейка опускается ниже уровня и затем из отсчета вычитается длина ее смоченного конца. Наблюдения за УГВ проводятся в предпосевной, посевной и вегетационный периоды с интервалом 5-7 дней, а также на следующий день после обильных осадков.

Общий период наблюдений должен начинаться с момента оттаивания почвы и продолжаться до окончания полевых изыскательских работ.

При обследовании закрытых оросительных систем выполняется инвентаризация подземных трубопроводов, распределительных колодцев, гидрантов, вантузов, опор дождевальная машины «Фрегат», насосных станций и других сооружений. Местоположение трубопроводов определяется по колодцам, гидрантам или по имеющейся документации.

При вскрытии трубопровода устанавливается материал труб, их диаметр и состояние. По трассам трубопроводов разбивается пикетаж и производится продольное нивелирование поверхности земли, верха трубопровода и распределительных колодцев. Составляются чертежи колодцев в масштабе 1:20. Для аккумулирующих бассейнов, насосных станций и других сооружений на оросительной системе составляются их чертежи и в необходимых случаях выполняется топосъемка площадок, на которых они расположены.

При обследовании существующих прудов и водохранилищ устанавливаются пределы колебаний горизонтов воды, рельеф дна и степень заиления.

Для обследования земляных плотин и дамб по их гребню между установленными строительными реперами разбивается пикетаж через 50-100 м от левого берега к правому. По плотинам длиной до 300 м и при больших уклонах местности расстояние между пикетами сокращается до 20 м. Плюсовые точки располагаются в местах размыва, обрушений и просадок тела насыпи. В процессе продольного нивелирования получают отметки всех сооружений на плотине и урезы воды в верхнем и нижнем бьефах. На каждом пикете и каждой плюсовой точке нивелируется поперечное сечение плотины с установлением начала и конца крепления верхнего откоса.

При обследовании гидротехнических сооружений производят замеры их характерных сечений и элементов, делают геодезическую привязку к береговому ходу, выполняют схематический чертеж сооружения или делают фотографии общего вида и элементов, дают характеристику состояния сооружений. Для насосных станций обследуют водозаборные устройства (крепление дна, глубина воды в бытовой период, всасывающие трубы), насосные агрегаты, состояние ЛЭП, положение горизонтов воды в водоисточнике и водозаборной камере.

При обследовании водозаборных скважин нивелируется их устье, определяются статический и динамический уровни, фактический дебит, марка и время эксплуатации насосов, устанавливается возможность использования подземных вод для водоснабжения или орошения.

Гидрометеорологические обследования ранее построенных объектов должны обеспечивать: получение исходных данных о водном режиме и климатических условиях, сложившихся в процессе эксплуатации объекта; оценку изменений установленных предшествующими изысканиями характеристик гидрологического режима и климатических условий, связанных со строительством и эксплуатацией объекта, и их сопоставление с выполненным ранее прогнозом; определение расчетных гидрологических и метеорологических характеристик для разработки проекта реконструкции (переворужения), включая мероприятия по охране окружающей среды.

Должны быть собраны материалы ранее выполненных изысканий по гидрологическому режиму изучаемого водного объекта, а также по постам-аналогам за период эксплуатации сооружений, данные о нарушениях условий эксплуатации сооружений, связанных с экстремальными гидрометеорологическими явлениями, о неблагоприятных воздействиях реконструируемых сооружений на качество и режим водных объектов, их флору, фауну и воздушный бассейн.

По результатам мелиоративно-гидротехнических обследований представляются следующие материалы: топографические карты масштабов 1 : 25 000-1 : 2000; продольные и поперечные профили каналов, плотин, дамб и дорог; продольные профили закрытых коллекторов, дрен и трубопроводов; чертежи сооружений; данные наблюдений за дренажным стоком и УГВ; данные о состоянии функционирования элементов мелиоративных систем и сооружений.

## **2. Изыскания для проектирования природоохранных мероприятий**

Проектирование природоохранных мероприятий выполняется параллельно с разработкой инженерной части проекта сельского строительства. Таким же образом наряду с инженерными изысканиями производятся и *природоохранные (экологические)* изыскания. В организационном плане они не являются отдельным видом изысканий и выполняются, как правило, в процессе производства рассмотренных выше инженерных изысканий.

В основные задачи изысканий для проектирования природоохранных мероприятий в сельской местности входят:

- выявление элементов окружающей среды, не подлежащих мелиорации и нуждающихся в охране;
- изучение общего состояния экологической обстановки на объекте и прилегающей территории;
- выявление потенциальных источников загрязнения природных компонентов (вод, почв, недр и др.);
- прогноз изменения (ухудшения) природной среды на объекте и прилегающей территории в результате мелиорации и гидротехнического строительства;
- получение данных для проектирования рекреационных, лесозащитных зон и других мероприятий по улучшению ландшафтов;
- получение данных для проектирования противоэрозионных и противопожарных мероприятий;
- радиационная оценка (съёмка) район проектируемого объекта, загрязненного радионуклидами.

Необходимые данные при изысканиях получают путем непосредственного обследования территории; сбора сведений в органах охраны природы, надзора, в Красной книге; опроса местных жителей.

Охране подлежат компоненты природы как в пределах мелиоративной или водохозяйственной системы, так и на прилегающих территориях; почва, недра, поверхностные и подземные воды, воздушная среда, растительность, животный мир, ландшафты, памятники истории и культуры.

При проведении комплексных изысканий в зоне объекта выявляются не подлежащие мелиорации участка и выделяются на плане в виде отдельных контуров. К элементам окружающей среды, сохраняемым в естественном состоянии относятся:

- заповедники, заказники, лесные полосазащитные полосы, древесная растительность вокруг водоемов и вдоль водотоков;
- места произрастания редких и лекарственных видов растений, участки заготовки ценных пищевых продуктов, произрастающих на болоте (клюква и т.п.);
- места обитания водных и материковых животных, гнездования диких птиц, места охотничьих и рыболовных угодий;
- природные, исторические и культурные памятники, здания зодчества и архитектуры, отдельные вековые деревья;
- зоны массового отдыха (рекреация) и туризма, живописные участки ландшафта, ключи и родники.

Для оценки экологической обстановки на объекте выявляются наличие эродированных и маломощных почв, старых торфоразработок и карьеров, выполняются исследования питьевых и хозяйственных качеств воды поверхностных и подземных водоисточников.



С целью проектирования *противоэрозионных* мероприятий на объекте и прилегающей территории выполняется съемка действующих оврагов и определяются их параметры (глубина, ширина по верху, низу, длина, крутизна). На плане показываются границы эродированных и эрозионно-опасных участков, почв с мощностью гумусового слоя менее 15 см, развеваемых песков. Производится бурение скважин с представлением геологических разрезов на всю глубину размыва. При наличии почв, подвергаемых ветровой эрозии, определяются направление преобладающих ветров и места по насаждению лесозащитных полос.

При установлении *санитарного состояния* и возможности использования *водотоков и водоемов* для водоснабжения и бытовых нужд выполняется оценка питьевых и хозяйственных качеств воды. С этой целью уточняются места существующих и возможных водозаборов и отбираются пробы воды на химический и бактериальный анализ. Состав и свойства воды должны оцениваться по следующим показателям: содержание взвешенных веществ, наличие плавающих примесей, запах, привкус, окраска, температура, реакция рН, минеральный состав, растворенный кислород, возбудители заболеваний, ядовитые вещества.

Обязательным элементом экологических изысканий является выявление и обследование действующих и потенциальных источников загрязнения поверхностных и подземных вод. Для водотоков и водоемов в полосе до 1 км в качестве таких источников обследуются: животноводческие фермы и комплексы, места утилизации коммунальных, бытовых и промышленных стоков, склады удобрений и ядохимикатов, заправочные нефтебазы и т.д. При обследовании устанавливаются объемы и состав загрязняющих веществ, возможность их размыва талыми и дождевыми водами и выявляются пути их возможного поступления в водоисточники.

Кроме указанных объектов обследованию подлежат расположенные в районе изысканий скотомогильники, кладбища и свалки. Места тех скотомогильников и захоронений, которые не обнаруживаются по внешним признакам, уточняются по опросам старожилов. При выборе места расположения проектируемого объекта желательно, чтобы перечисленные выше источники загрязнений находились в нижнем бьефе плотин и других сооружений.

Для принятия экологически безопасных проектных решений на стадии изысканий и предпроектных разработок выполняются *прогнозные расчеты* изменений природной среды в результате гидротехнического строительства. Прогнозные расчеты могут проводиться с целью оценки:

Загрязнения водоприемников дренажным и поверхностным стоком осушительных систем;

Понижение уровня грунтовых вод на прилегающих к осушительным системам территориях;

Возможности и степени (концентрации) загрязнения грунтовых вод животноводческими стоками при их использовании на орошение;

Величины фильтрационных потерь воды из прудов (водохранилищ) и подтопления прилегающих территорий.

Прогнозные расчеты суммарного *выноса и концентраций* биогенных веществ и ядохимикатов в дренажном и поверхностном стоке выполняются для проектируемого участка и примыкающей к нему территории в пределах площади водосбора устьевого створа магистрального канала. Концентрацию и суммарный вынос загрязняющих веществ следует определять с учетом способа осушения, типа почв, вида возделываемых культур и их планируемой урожайности. Расчетными периодами являются спад весеннего половодья, летне-осенние паводки и летняя межень.

Для выполнения прогнозного *понижения уровня грунтовых вод* при осушении на прилегающей территории задают створы наблюдательных скважин. Створы должны проходить от границ осушения до конца зоны влияния осушителей. Ширина зоны влияния ( $\lambda$ , м) мелиоративных каналов и дрен на уровень грунтовых вод оценивается по формуле К. Г. Асатуса.

$$\lambda = \sqrt{\frac{2\pi Kht}{\mu}},$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут;

$h$  – средняя мощность этого слоя, м;

$t$  – время начала осушения или весеннего паводка, до расчетного периода, сут;

$\mu$  – коэффициент водоотдачи грунтов водоносного слоя.

Для охраны подземных вод от загрязнения при *орошении животноводческими стоками* необходимо решение следующих вопросов:

– прогноз времени достижения уровня грунтовых вод сточными водами под массивом орошения;

– прогноз изменения концентрации загрязняющих веществ в подземных водах в первый и последующие годы орошения;

– прогноз распространения загрязнения по водоносному горизонту и подтягивания его к водозаборным сооружениям;

– оценка условий защищенности грунтовых вод для обоснования местоположения массива орошения;

– создание сети наблюдательных скважин для контроля за состоянием подземных вод.

Изыскания для проектирования *противопожарных мероприятий* на осушаемых торфяных почвах состоят в выполнении следующих работ:

– уточнение наличия водных ресурсов и инвентаризация водных источников, используемых хозяйством;

– обследование трасс намечаемых противопожарных полос, отделяющих осушаемые торфяники от населенных пунктов, лесных массивов, дорог и электрических подстанций, с минимальной шириной соответственно 300, 100, 30 и 20 м;

– оценка влияния осушения на ухудшение существующих противопожарных источников на объектах и прилегающей территории;

– согласование с хозяйством (землепользователем) вопросов строительства новых подпорных сооружений, копаней, бассейнов, прудов.

Необходимую вместимость водоисточника устанавливают из расчета тушения одного пожара продолжительностью 2 сут при расчетном расходе ( $Q$ , м<sup>3</sup>/ч), вычисляемом по зависимости

$$Q_{\text{п}} = 160 \sqrt{F},$$

где  $F$  – площадь участка, м;

160 – расход воды на тушение 1 м фронта пожара, м<sup>3</sup>/ч.

### 3. Радиологические изыскания территории

*Радиационная съемка* (по цезию) производится при уровне загрязнения территории радионуклидами более 1,0 КИ/км<sup>2</sup> для всех объектов мелиорации и водного хозяйства, так как использовать государственную съемку в масштабе 1:200000 для оценки степени загрязнения угодий не представляется возможным. Для разработки ТЭО и при выборе объектов радиационная съемка проводится в масштабе 1:25000, для проектных стадий – в масштабах 1:5000 – 1:2000. Цель радиационной съемки – получение исходных данных, необходимых для проведения мероприятий по получению чистой сельскохозяйственной продукции, дезактивации территории и локализации сильно загрязненных участков.

Выполняется радиационная съемка в соответствии с техническим заданием на производство этих работ после включения объекта в план в установленном порядке. До начала полевых работ изучаются имеющиеся материалы Комитета по гидрометеорологии, Минсельхозпрода, Минздрава и других государственных ведомств. Лица, выполняющие полевые работы, проходят радиационный контроль и экипируются в соответствии с требованиями к проведению радиационной разведки. Работы выполняются со строгим соблюдением правил охраны труда и техники безопасности.

Объектами радиологических изысканий являются: почва, древесная и кустарниковая растительность, опад листьев, поверхностные и грунтовые воды, илы рек и водоемов, а также по специальному заданию строения различных видов.

Радиационная съемка производится путем замеров  $\gamma$ -фона дозиметрическими приборами (типа ДРГ-01Т, СРП-68-01, СРП-88Н и др.) по сети профилей в характерных точках на высоте 0,7 – 1,0 м от поверхности земли. Расстояния между профилями (поперечниками) и точками замеров на них составляют соответственно 75 – 250 и 10 – 50 м в зависимости от масштаба съемки. По результатам радиометрических замеров составляется карта определения  $\gamma$ -фона.

На основании радиационной съемки с учетом наличия западин, торфяников, растительности и т.п. намечается расположение учетных площадок {конвертов} по отбору образцов почвы для лабораторных анализов. Размеры конвертов 2 х 5 или 5 х 5 м. Дозиметром производится измерение

экспозиционной дозы местности в 5 точках конверта с осреднением результатов в виде одного замера. Отбор образцов почвы выполняется также в 5 точках площадки послойно через 5 см до глубины 30 см. Из пяти отобранных образцов каждого слоя делается смешанный образец весом не менее 0,5 кг, который помещается в полиэтиленовый мешок. На участках, не распахивавшихся после апреля 1986 г., образцы отбираются отдельно в каждой точке конверта.

Количество учетных площадок на 1 км<sup>2</sup> исследуемой территории зависит от масштаба радиационной съемки, категории сложности природных условий и может приниматься таким же, как при проведении почвенных изысканий.

Одновременно с отбором образцов почв на загрязненность радионуклидами на этих же учетных площадках отбираются образцы лесокустарниковой растительности (коры, древесины и опада листьев). Срез коры производится в трех точках: на высоте 0,3 м от поверхности почвы, на высоте 1,3 – 1,5 м и с ветвей, после чего три образца смешиваются в один весом не менее 0,5 кг. Образец древесины такого же веса вырезается на одном уровне между первой и второй точками отбора коры. Образцы опада листьев отбираются также весом не менее 0,5 кг.

Объем проб поверхностных вод для определения плотности загрязнения радионуклидами цезия и стронция должен быть соответственно не менее 10 и 5 л. Пробы отбираются из верхнего слоя воды без взмучивания донных отложений, фильтруются и в лабораторию доставляются отдельно профильтрованная вода и фильтр со взвешиваемыми.

Пробы грунтовых вод в объеме не менее 10 л отбираются из верхнего водоносного горизонта с глубины 0,5 – 3,0 м из расчета одна проба на 100 га изыскиваемой площади.

Образцы ила отбираются по водотокам (в начальном и замыкающем створах) и по водоемам (вблизи берегов и в центральной части). Каждый образец отбирается в 5 точках по конверту с помощью штангового дночерпателя ГР-91 или шупа ГР-69. Образцы весом не менее 0,5 кг до проведения анализов подсушиваются до весовой влажности 40 – 70 %.

Все образцы и пробы снабжаются специальными этикетками, помещаются в металлические ящики и транспортируются в лабораторию сразу после завершения полевых работ в условиях изоляции от людей. По результатам анализов и их обработки изыскательским подразделениям выдаются ведомости загрязнения радионуклидами почв, коры, древесины, опада листьев, поверхностных и грунтовых вод, илов и других объектов.

На основе камеральной обработки составляется карта радиационного загрязнения территории радионуклидами в масштабе 1:10000, на которой выделяются участки с плотностью загрязнения почвы до 1 Ки/км<sup>2</sup>, от 1 до 5, от 5 до 15, от 15 до 40 и более 40 Ки/км<sup>2</sup>. Аналогичным образом составляется схема плотности загрязнения древесно-кустарниковой растительности с нанесением в местах отбора проб уровня загрязнения поверхностных вод и придонных отложений. По итогам радиологических

изысканий составляется пояснительная записка, в которой указываются время проведения полевых работ, методика, средства исследований и особенности объекта.

#### 4. Агрэкономические изыскания

В состав комплексных изысканий для строительства наряду с техническими (инженерными) входят *экономические* изыскания. Выполняют их в основном на стадии предпроектной документации для обоснования экономической целесообразности разрабатываемых вариантов строительства. Конкретное содержание экономических изысканий зависит от вида инженерного сооружения, но при их проведении обычно выясняют условия обеспечения будущего строительства местными стройматериалами, подрядных организаций – механизмами, рабочей силой, транспортом и т.п.

По масштабу проведения и стадийности проектирования экономические изыскания разделяют на проблемные и титульные. *Проблемные* изыскания рассматривают ряд вариантов, различных по направленности (способам реализации), но решающих одну общую народнохозяйственную задачу. Они выполняются на стадии "Схемы" или ТЭО и зачастую без привязки отдельных сооружений к конкретному месту. *Титульные* (или объектные) экономические изыскания ведутся для проектирования конкретного объекта или сооружения с привязкой его к определенной местности. Для плотины, например, – к створу на реке; для дороги – к пунктам примыкания; для гидросооружения – к расчетному участку на мелиоративной системе. Титульные изыскания проводятся преимущественно для стадии "Архитектурный проект" с целью детального и комплексного изучения экономики района строительства.

*Агрэкономические* изыскания проводятся для сельскохозяйственного строительства с целью его экономического обоснования. Задача этих изысканий – сбор материалов, необходимых для разработки мероприятий по организации сельскохозяйственного производства и определения эффективности капитальных вложений.

Состав и объем агрэкономических изысканий зависит от категории сложности и стадии проектирования.

На стадии предпроектной документации получают следующие агрэкономические данные:

- сведения о земельном фонде по угодьям и землепользователям в современном состоянии и на перспективу;
- планы внутрихозяйственного землеустройства;
- сведения о наличии мелиорируемых земель, их состоянии и использовании;
- посевные площади, многолетние насаждения, схемы севооборотов;
- сведения об урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе на мелиорируемых землях;
- поголовье скота по видам, продуктивность животных за ряд лет, рацион кормления;
- валовая и товарная продукция растениеводства и животноводства, в том числе с мелиорируемых земель;

- себестоимость сельхозпродукции, ее структура, закупочные цены, доходность по видам продукции, чистый доход на 1 га основных культур, рентабельность хозяйств;

- общее население хозяйств, в том числе трудоспособных и занятых в сельском хозяйстве, нормы потребления сельхозпродуктов на душу населения;

- затраты труда на 1 га основных сельскохозяйственных культур и на производство 1 т продукции;

- техническая оснащенность сельского хозяйства (тракторы, сельхозмашины и т.п.) в среднем по району и по передовым хозяйствам, процент механизации основных видов работ в растениеводстве и животноводстве;

- размер и структура основных производственных фондов (технические средства, продуктивный и рабочий скот, производственные здания и сооружения, плодово-ягодные насаждения);

- основные показатели экономической эффективности ранее проведенных мелиорации (чистый доход на 1га, срок окупаемости и т.п.);

- передовой опыт ведения хозяйства в современных условиях,

- применение новых технологий, определение резервов повышения уровня сельскохозяйственного производства обследуемого района;

- сведения о наличии местных стройматериалов и условиях их доставки на объект строительства;

- сведения об источниках и возможности получения извести, органических и минеральных удобрений, необходимых для освоения мелиорируемых земель;

- материалы научных, проектных и других учреждений по вопросам развития сельского хозяйства и мелиорации земель на современном этапе.

На проектной стадии уточняют фактические агроэкономические данные по конкретному хозяйству и его подразделениям, совместно с землеустроителем определяют трансформацию угодий, границы севооборотов, получают материалы бонитировки почв, сведения об их эрозии и другие данные. Для небольших объектов, когда строительство мелиоративной системы не оказывает значительного влияния на экономику хозяйства, с последним согласуют только основные показатели, необходимые для разработки агроэкономической части проекта.

Сбор необходимых агроэкономических данных осуществляется обычно в государственных плановых органах, соответствующих министерствах и ведомствах, в статистических управлениях, а также на местах: в областных и районных организациях, в исполкомах местных Советов народных депутатов, в отдельных хозяйствах. Для изысканий, охватывающих территорию области, сведения собираются в разрезе районов; для проектов в пределах одного или нескольких районов используются данные по каждому хозяйству.

При сборе сведений об урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности животных и других показателях данные получают за возможно большее число лет или за характерный ряд, отражающий чередование благоприятных и неблагоприятных гидрометеорологических условий. Полученные данные сопоставляют с материалами научных, опытных учреждений и передовых хозяйств.

## Лекция № 7

### Основы общей климатологии

1. Климатообразующие факторы.
2. Классификация климатов.
3. Природно-климатическое районирование территорий.
4. Исторические и современные изменения климата.
5. Методы исследований и организация метеорологических наблюдений.

#### 1. Климатообразующие факторы

Наука, изучающая общие вопросы климата, носит название *общей климатологии*. Каждая из сфер производства имеет свое отношение и интерес к климату и решает производственные вопросы с учетом целого ряда специфических характеристик климата. Эти области климатологии принято называть *прикладными*. К прикладным климатологиям относятся: *строительная*, сельскохозяйственная, авиационная, дорожная, морская.

Климат является одним из важнейших природных факторов, под непосредственным влиянием которых протекает большинство процессов в верхней части земной коры, атмосфере, гидросфере и биосфере. Особенности климата обусловлены целым рядом факторов, известных под названием *климатообразующих*. К основным из них относятся *солнечная радиация, циркуляция атмосферы и характер земной поверхности*. Постоянное взаимодействие этих факторов и их изменения в количественном выражении в различные геологические эпохи приводят к разным условиям формирования природной среды.

Различают понятия *локального* и *глобального* климата. *Локальный климат* – это совокупность атмосферных условий за многолетний период, свойственных тому или иному месту в зависимости от его географической обстановки. *Глобальным климатом* называется статистическая совокупность состояний, проходимых системой «атмосфера–океан–суша–криосфера–биосфера» за периоды времени в несколько десятилетий.

Указанные компоненты глобальной климатической системы непрерывно взаимодействуют и обмениваются между собой энергией и веществом. Временные масштабы этих взаимодействий весьма различны и лежат в пределах от месяцев до сотен миллионов лет. Так, поверхностные слои суши взаимодействуют с расположенной над ними атмосферой в масштабах времени от нескольких недель до месяцев, а изменения циркуляции атмосферы, создаваемые дрейфом континентов, происходят на протяжении десятков и сотен миллионов лет.

На рис.7.1 схематически представлены компоненты климатической системы и различные процессы, которые влияют на формирование климата и его изменения.

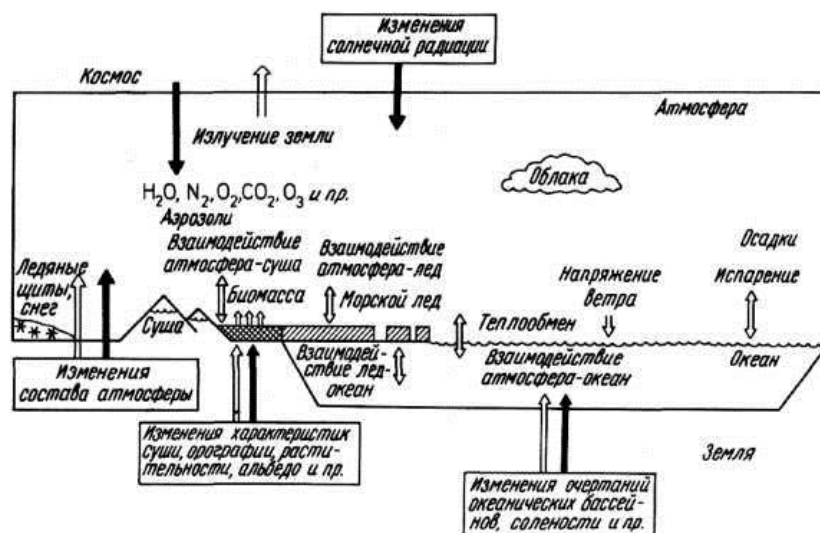


Рис. 7.1. Компоненты климатической системы атмосфера – океан – поверхность снега, льда и суши – биомасса (схема); зачерненные стрелки – внешние процессы, светлые стрелки – внутренние процессы, приводящие к изменениям климата.

Эти процессы можно разделить на *внешние* (черные стрелки) и *внутренние* (полые стрелки). Как видно, к *внешним* процессам можно отнести: приток солнечной радиации и его возможные изменения; изменения состава атмосферы, вызванные вулканическими процессами в литосфере и притоком аэрозолей и газов из космоса; изменения очертаний океанических бассейнов, солёности, характеристик суши, орографии, растительности.

К *внутренним* процессам относятся: взаимодействие атмосферы с океаном, с поверхностью суши и льдом (теплообмен, испарение, осадки, напряжение ветра), взаимодействие лед – океан, изменение газового и аэрозольного состава атмосферы, облачность, снежный и растительный покров, рельеф и очертания материков.

Каждому состоянию глобального климата соответствуют свои закономерности в *теплообороте, влагообороте и атмосферной циркуляции*, т.е. в трех комплексах климатообразующих процессов, формирующих локальный климат в каждой точке Земли. Именно от процессов теплооборота, влагооборота и атмосферной циркуляции зависит многолетний режим метеорологических величин: суточный и годовой ход радиации, температуры, осадков и других величин, их изменчивость в каждой точке Земли, среднее распределение по земной поверхности, типичное изменение с высотой.

*Все три климатообразующих процесса взаимно связаны.* Например, на тепловой режим подстилающей поверхности, а следовательно, и атмосферы влияет облачность, задерживающая приток прямой солнечной радиации. Образование облаков – один из элементов влагооборота. Но оно зависит, в свою очередь, от температуры подстилающей поверхности и стратификации атмосферы, а эти последние в определенной степени зависят от адвекции тепла, т. е. общей циркуляции атмосферы. Общая циркуляция, кроме того, создает перенос водяного пара и облаков.



Климатообразующие процессы разворачиваются в конкретных географических условиях земного шара. Географическая обстановка влияет на все три процесса

Основными географическими факторами климата являются: географическая широта; высота над уровнем моря; распределение суши и воды на поверхности земного шара; орография (формы рельефа) поверхности суши; океанические течения; растительный, снежный и ледяной покров.

В настоящее время особое место занимает деятельность человеческого общества, оказывающая все большее влияние на климатообразующие процессы и тем самым на климат в целом.

## 2. Классификация климатов

Основные типы климатов подразделяются на подтипы в соответствии с сезонностью и годовым ходом осадков и температуры.

Классификация Л.С. Берга определяет типы климата в соответствии с ландшафтно-географическими зонами вечного мороза, тундры, тайги, широколиственных лесов умеренного пояса, муссонов (в умеренных широтах), степей, внетропических пустынь, средиземноморских и субтропических лесов, тропических пустынь и лесостепей (саванн) и влажных тропических лесов.

М.И. Будыко и А.И. Григорьев предложили классифицировать климат:

1) по условиям увлажнения – избыточно влажный, недостаточно влажный и сухой;

2) в соответствии с температурным режимом теплого периода года – очень холодный, холодный, умеренно-теплый, очень теплый;

3) в соответствии с температурными условиями и снежностью зимы – суровой малоснежной, суровой снежной, умеренно суровой малоснежной, умеренно суровой снежной, умеренно-мягкой, мягкой.

Б.П. Алисов классифицировал типы климата по генетическому принципу. В каждом полушарии он выделил четыре пояса:

1) экваториальный; 2) тропический; 3) умеренный; 4) арктический.

Для каждого из этих поясов характерны свои закономерности циркуляции атмосферы, преобладают массы воздуха одного типа.

Границы поясов от сезона к сезону сменяются, поэтому принято выделять переходные пояса – субэкваториальный, субтропический, субарктический и др. У каждого широтного пояса, за исключением экваториального, существуют четыре основных типа климата: 1) континентальный; 2) морской; 3) западных побережий; 4) восточных побережий.

Особенности континентального и морского климатов обуславливают различные свойства воздушных масс, формирующихся над сушей и водной поверхностью. Сухой климат, при котором атмосферной влаги не хватает на вегетацию растений, называется *аридным*; климат с избыточной влагой (когда осадки превышают испарение) называется *гумидным*.

В настоящее время принято различать 10 типов климатов:

1. *Тропический влажный, или экваториальный климат* – жаркий, с дождями в течение всего года, иногда – с двойным максимумом осадков. Амплитуда температур 2 °С. Годовое количество осадков – 1506 мм (как в Энтеббе, Уганда).
2. *Тропический переменнo-влажный климат*: дожди – преимущественно зимой, летом часто жарче, чем в экваториальном поясе, из-за меньшей облачности. Амплитуда температур 8 °С. Годовое количество осадков – 1395 мм (Кунаба, Бразилия).
3. *Тропический муссонный климат* – находится под влиянием крупных континентальных областей низкого давления; в жаркий сезон – дожди. Амплитуда температур 11 °С. Годовое количество осадков – 1600 мм (Калькутта, Индия).
4. *Жаркий пустынный климат*: резкий перепад дневных и ночных температур. Амплитуда температур 23 °С. Годовое количество осадков – 15 мм (Аин-Салах, Алжир).
5. *Средиземноморский климат* – засушливые летние месяцы, зимой – дожди, связанные с областями низкого давления умеренного пояса. Амплитуда температур 6 °С. Годовое количество осадков – 506 мм (Вальпарансо, Чили).
6. *Субтропический климат*; иначе называется “китайским типом”. Амплитуда температур 16 °С. Годовое количество осадков – 1458 мм.
7. *Умеренный морской климат* – формируется под влиянием моря и среднеширотных областей низкого давления. Амплитуда температур 13 °С. Годовое количество осадков – 610 мм (Лондон, Великобритания).
8. *Умеренный континентальный климат*: экстремальные температуры связаны с удалением от моря. Амплитуда температур 22 °С. Годовое количество осадков – 559 мм (Варшава, Польша).
9. *Бореальный климат*: исключительно холодные зимы, летние дожди в результате конвекции. Амплитуда температур 45 °С. Количество осадков – 320 мм (Доупсон Сити, США).
10. *Полярный климат*: снег и лед сохраняются круглый год. Амплитуда температур 19 °С. Годовое количество осадков – 362 мм (Моусон, Антарктида).

### **3. Природно-климатическое районирование территории**

С целью учета климатических условий конкретной местности при проектировании и строительстве объектов для различных отраслей народного хозяйства выполняют природно-климатическое районирование территорий. При этом используются как специальные, так и комплексные (общие) показатели для зонирования и климатического районирования. В частности для объектов сельского строительства могут использоваться следующие виды районирования:

- физико-географическое районирование территории;

- дорожно-климатическое районирование;
- климатическое районирование для строительства;
- районирование территории по эффективным температурам;
- районирование по световому и ультрафиолетовому климату;
- районирование территории по ветровому режиму;
- распределение радиационного тепла по территории;
- климатическое районирование для рекреационных целей.

Территорию Беларуси принято разделять на пояса, зоны, области, районы и т.д. исходя из особенностей климата и в целях определенной хозяйственной деятельности.

В основу агроклиматического районирования положена теплообеспеченность вегетационного периода и продолжительность залегания устойчивого снежного покрова. Суммы осадков за вегетационный период распределяются по территории республики довольно равномерно (340–440 мм). По термическим условиям, т.е. по суммам температур, превышающих 10 °С, всю территорию Беларуси можно разделить на 3 области, располагающихся в широтном направлении:

- 1) прохладная зона с годовой суммой температур менее 2000 °С;
- 2) умеренная теплая зона с годовой суммой температур от 2000 до 2200 °С;
- 3) теплая зона с годовой суммой температур, превышающей 2200 °С.

Эти области подразделяются на 6 подобластей и 19 агроклиматических районов (рис. 7.2).

По количеству осадков Республика Беларусь принадлежит к наиболее увлажненным районам. Среднегодовое количество атмосферных осадков колеблется по территории от 550 до 700 мм (рис.7.3).

В отдельные годы наблюдаются значительные отклонения от средних многолетних величин. Распределение осадков по временам года – неравномерное. Наибольшее количество осадков выпадает летом (июль), наименьшее – зимой (февраль). В теплое время года осадки выпадают преимущественно в виде ливней.

В засушливые годы суммы осадков не достигают и 350 мм. Такие годы повторяются гораздо реже влажных, их вредное воздействие сказывается, в основном, в районах с песчаными почвами юго-восточной части республики.

Снежный покров распределяется по территории республики неравномерно. Достигая наибольшей высоты (30 см) на северо-востоке, он сильно уменьшается по своей мощности на юго-западе, а в отдельные годы оттепели приводят к полному стаиванию снега. Продолжительность устойчивого снежного покрова колеблется от 75 дней на юго-западе Беларуси до 130 на северо-востоке.

Температурный режим Беларуси характеризуется постепенным понижением температуры воздуха с юго-запада на северо-восток. Климат Беларуси в западных областях значительно теплее и мягче, чем в восточных.

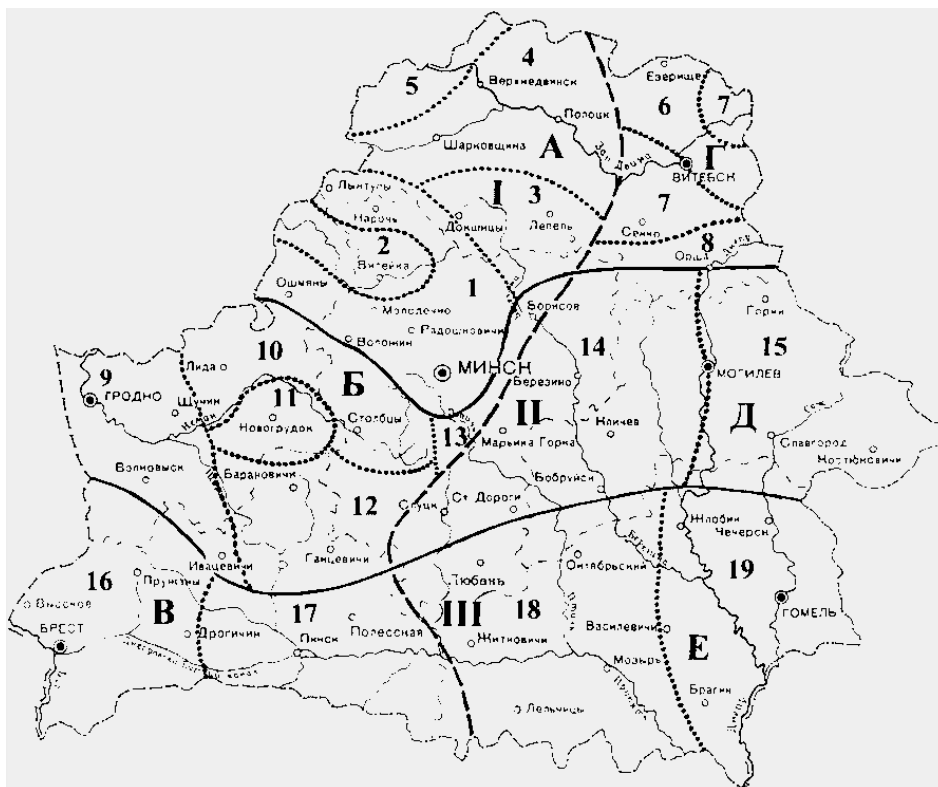


Рис. 7.2. Районирование территории Беларуси:

области: I – Северная умеренно-теплая влажная; II – Центральная теплая умеренно-влажная; III – Южная теплая неустойчиво-влажная; подобласти: А, Б, В – западные; Г, Д, Е – восточные районы; 1 – Ошмянско-Минско-Свентенский; 2 – Нарочано-Ви-лейский; 3 – Ушацко-Лепельский; 4 – Полоцкий; 5 – Освейско-Браславский; 6 – Городецко-Витебский; 7 – Суражско-Лучевский; 8 – Оршанский; 9 – Городецко-Ивацевичский; 10 – Лидско-Ивенецкий; 11 – Новогрудский; 12 – Барановичско-Ганцевичский; 13 – Борисовско-Руденский; 14 – Березенский; 15 – Горецко-Костюковичский; 16 – Пружанско-Брестский; 17 – Пинский; 18 – Житковичско-Мозырский; 19 – Гомельский.

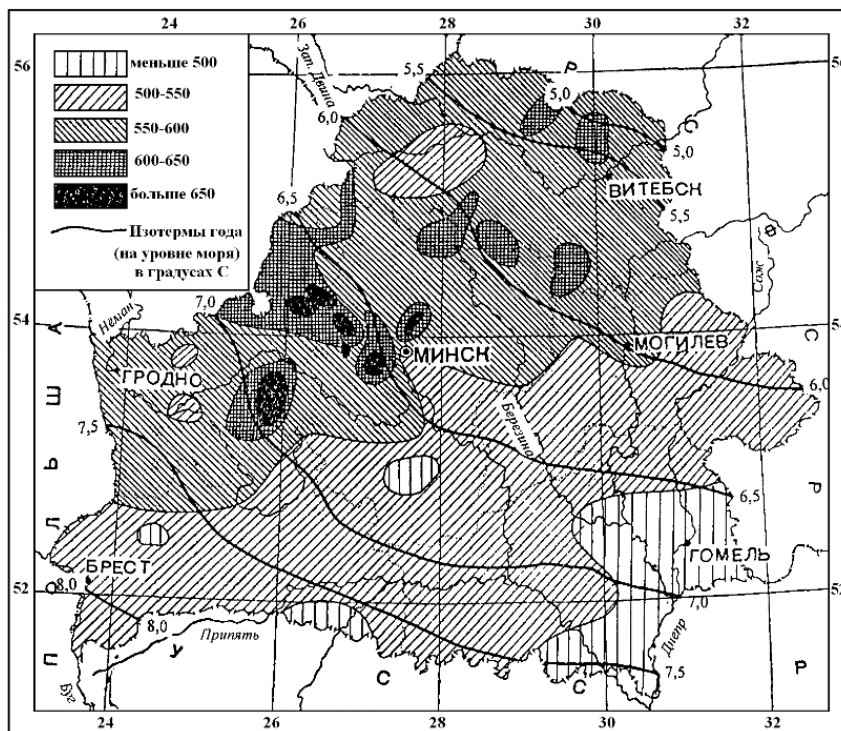


Рис. 7.3. Осадки и среднегодовые температуры воздуха

Так, среднегодовая температура воздуха в Брестской области достигает  $7,3^{\circ}$ , а в Витебской области, расположенной на северо-востоке республики, – только  $4,7^{\circ}$ . Изотермы летом имеют широтное направление, зимой под влиянием воздушных течений с запада принимают направление с северо-запада на юго-восток.

#### 4. Исторические и современные изменения климата

Климат испытывал *изменения* на протяжении всей истории Земли. *Временные масштабы* возможных причин климатических изменений необычайно широки. Так, изменение светимости Солнца за пределами 1 % солнечной постоянной может происходить за  $10^9$  лет. Вариации орбитальных параметров, т. е. эксцентриситета орбиты Земли, прецессии равноденствия и изменения наклона оси вращения Земли к плоскости орбиты составляют соответственно 92 000, 21 000 и 40 000 лет. Временные масштабы движений земной коры равны  $10^5$ – $10^9$  лет. Образование стратосферного аэрозоля вследствие вулканических извержений может приводить к климатическим изменениям в самых широких пределах – от  $10^0$  до  $10^8$  лет.

Особенно хорошо прослежены колебания климата за период инструментальных наблюдений. На отдельных станциях мира этот период составляет несколько сотен лет. Даже за этот короткий исторический период климат в Северном полушарии претерпел несколько драматических колебаний. Самым значительным из них было знаменитое потепление Арктики. Оно началось в конце XIX столетия и достигло максимума в 30-е годы XX столетия. Это потепление было особенно выражено в Атлантическом секторе высотных широт.

Доказано также, что климат в геологическом и историческом прошлом претерпевал существенные изменения. Например, только за последний миллион лет отмечалось около 10 сменявших друг друга ледниковых и межледниковых эпох продолжительностью 7000–12000 лет. На фоне долгопериодных изменений климата существовали более короткие периоды колебаний, которые можно представить в виде наложения довольно большого числа циклов различной продолжительности: 2–3 года, 4–7, 10–12, 18–19, 20–23, 80–90 лет и т. д.

Изменения глобального климата есть совокупность его региональных изменений различных временных и пространственных масштабов. Именно региональные изменения, носящие зачастую экстремальный характер (засухи, наводнения, суровые и теплые зимы), оказывали и оказывают наиболее существенное воздействие на экономическую и социальную жизнь общества.

Особенно мощным является *последнее потепление климата*. Оно привлекло к себе внимание мирового сообщества и побудило ученых, практиков и политиков рассматривать климат как важнейший природный ресурс, перераспределение которого между странами имеет серьезные

социально-экономические и политические последствия, определяющие благосостояние государств мира.

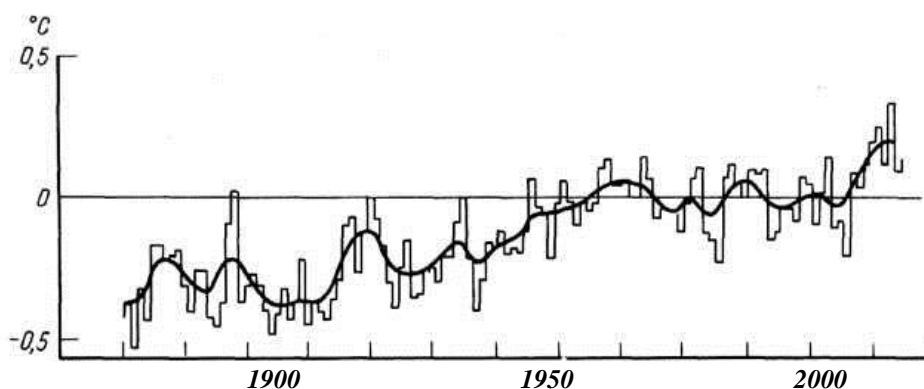


Рис. 7.4. Вековой ход глобальной средней годовой температуры воздуха у поверхности Земли: сглаженная кривая – результат 10-летнего скользящего осреднения.

В настоящее время влияние на климат оказывают следующие, принявшие глобальный характер процессы антропогенного характера:

- распахивание огромных массивов земли, вызывающее изменение альбедо, быструю потерю влаги, подъем пыли в атмосферу;
- уничтожение лесов, особенно тропических, влияющее на воспроизводство кислорода, изменения альбедо и испарения;
- перевыпас скота, превращающий степи и саванны в пустыни, в результате чего меняется альбедо, иссушается почва;
- сжигание ископаемого органического топлива и поступление в атмосферу  $\text{CO}_2$ ;
- выбрасывание в атмосферу промышленных отходов, меняющих состав атмосферы, увеличивающих содержание радиационно-активных газов и аэрозолей. Последние два процесса увеличивают парниковый эффект.

Крупные экстремальные климатические явления, такие, например, как засуха 1988 г. в США, когда сбор зерна оказался ниже уровня внутреннего потребления, послужили стимулами к широкомасштабному изучению изменения климата учеными разных стран. В 1992–1997 гг. были приняты важные политические решения в форме Рамочной Конвенции по изменению климата (Рио-де-Жанейро, 1992), Киотского протокола к ней (Киото, 1997) и других.

Согласно этим документам, противодействием потеплению климата должно стать снижение выбросов парниковых газов в атмосферу.

Установлено, что в настоящее время определенный вклад в изменчивость метеорологических характеристик вносят и внешние факторы. Роль изменчивости солнечного излучения и других внешних факторов (вулканическая деятельность, изменение газового состава атмосферы) как причин развития физических, химических и биологических процессов в последние годы существенно уточнена.

## 5. Методы исследований и организация метеорологических наблюдений

Метеорология, как и другие геофизические науки, широко пользуется физическими методами исследования. Основные из них: 1) *метод наблюдений*, 2) *метод экспериментов*, 3) *теоретический метод*.

*Метеорологические наблюдения* – это инструментальные измерения и визуальные (зрительные) оценки метеорологических величин и явлений. Для своевременного обнаружения возникающих метеорологических явлений и слежения за их дальнейшим развитием необходимо, чтобы метеорологические наблюдения были непрерывными во времени и пространстве. Достигается это путем организации большого числа пунктов, в которых производятся регулярные наблюдения по единой (стандартной) программе и с помощью однотипных приборов. Метод наблюдений с помощью приборов, позволяющих непрерывно регистрировать значения основных метеорологических величин, до сих пор остается одним из основных методов, используемых в метеорологии.

Метеорологические наблюдения в нижних слоях атмосферы проводятся также с помощью приборов, установленных на высотных зданиях, башнях и мачтах. Одной из первых была использована для метеорологических наблюдений Эйфелева башня в Париже. В России комплексные метеорологические измерения проводятся на 300-метровой мачте в г.Обнинске, на 533-метровой Останкинской телебашне в Москве и на ряде других телемачт.

В практику метеорологических исследований входят *лабораторный эксперимент и опыты в природных условиях*. Опыты по моделированию физических процессов в облаках проводятся в специальных камерах, в которых можно создавать искусственные облака и в течение долгого времени наблюдать за их развитием. Здесь можно также имитировать восходящие и нисходящие потоки воздуха вместе с каплями и ледяными кристаллами при температуре и давлении, имеющих на высотах 5 – 6 км.

*Теоретические* методы исследования делятся на *вероятностно-статистический и физико-математический анализы*.

Первый вид анализа обусловлен с одной стороны необходимостью обработки огромных массивов данных наблюдений и, с другой стороны, случайной составляющей изменчивости многих метеорологических элементов.

Одним из наиболее эффективных современных средств воспроизведения структуры и динамики реального объекта (в нашем случае – атмосферы) является *физико-математическое моделирование*. Модель представляет собой систему формул и уравнений, позволяющих получать числовую и графическую информацию об объекте. Эта система обычно настолько сложна, что для ее решения приходится использовать аппарат вычислительной математики и быстродействующие компьютеры.

*Организация метеорологических наблюдений*. В настоящее время метеорологические наблюдения всех стран объединяются во Всемирную

службу погоды (ВСП), которая подчиняется Всемирной метеорологической организации (ВМО). ВСП – *глобальная система наблюдений*, она состоит из следующих элементов:

1) метеорологических, гидрологических, аэрологических станций, станций ракетного зондирования атмосферы, кораблей погоды, метеорологических спутников;

2) метеорологических центров по обработке данных наблюдений и накопления материалов (всемирные центры – в Москве, Вашингтоне, Мельбурне и 25 региональных МЦ).

3) глобальной системы связи для быстрого обмена как измеренной, так и обработанной информацией;

4) программы научных исследований по улучшению качества прогнозов погоды и возможностей непосредственного воздействия на погоду и климат.

Основным рабочим звеном метеорологической службы являются метеорологические станции (МС), образующие сеть метеорологических наблюдений определенной территории или государства. Обычно МС состоит из метеорологической площадки (где размещается большинство необходимых приборов) и здания (для круглосуточной работы персонала, размещения части приборов, например, барометров, средств связи и обработки измеренных данных).

Существуют следующие *виды метеостанций*.

1) *по разряду* (т.е. программе наблюдений) – I, II и III разрядов и метеорологические посты.

– МС I-го разряда имеют наиболее полную программу наблюдений, осуществляют техническое руководство закрепленными за ними МС II и III разрядов, а также обслуживают заинтересованные организации данными о погоде и климате;

– МС II-го разряда кроме круглосуточных наблюдений и их обработки передают оперативные данные по каналам связи;

– МС III-го разряда ограничиваются только наблюдениями по сокращенной программе.

2) *по специализации* :

– метеорологические (обычные, автоматические, в т.ч. необслуживаемые);

– гидрологические;

– морские гидрометеорологические (береговые, судновые, буйковые, на морских сооружениях);

– авиационные;

– специализированные (агromетеорологические, воднобалансовые, болотные, селестоковые, снеголавинные, озерные, устьевые, дрейфующие, ракетного зондирования).

Метеорологическая станция располагается таким образом, чтобы ее наблюдения были характерными (репрезентативными) для данного района. Площадка станции должна размещаться на открытой и ровной местности.



Вблизи от нее не должно быть предметов, которые могут повлиять на показания приборов. В равнинных условиях для получения достаточно полной характеристики температурного режима необходимо иметь сеть станций с удаленностью 50 км между ними, а в горной местности – 30–40 км. Атмосферные осадки отличаются большей изменчивостью в пространстве и времени, потому расстояние между дождемерными постами должно быть на равнинах 20–30 км, а в горных районах – 15–20 км.

Космическая система гидрометеорологических наблюдений образуется из орбитальных и геостационарных спутников, которые позволяют получать данные о состоянии атмосферы с 70–80% поверхности Земли. Высота полета орбитального спутника 900 км, а геостационарного 20000 км. Космическая информация передается на наземные приемные пункты. Спутниковая аппаратура работает в видимой части спектра (0,5–0,7 мкм) и инфракрасной (8–12 мкм).

Таким образом, в настоящий момент в мире создана единая система сбора, обработки, сохранения и использования гидрометеорологической информации. Кроме того, эта система является основой специальной всемирной информационной системы «мониторинг», которая представляет более широкий комплекс наблюдений, анализа (оценки) и прогноза состояния природной среды с целью выявления степени антропогенного воздействия на биосферу и климат.

В системе Всемирной службы погоды приняты синхронные *сроки наблюдений* на всем земном шаре. Основных сроков в течение суток 8 и они соответствуют 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 часам поясного времени Гринвича. Метеонаблюдения могут выполняться по любому поясному времени, однако оно обязательно должно отличаться от Гринвича на величину, равную 3 часам. Под сроком наблюдений понимается интервал времени 10 минут, который заканчивается точно в принятый срок.

Актинометрические и теплобалансовые наблюдения проводятся по среднему солнечному времени.

#### Сеть метеорологических наблюдений в Республике Беларусь.

Метеорологическая сеть на территории РБ начала создаваться еще в начале 19-го столетия. Первые метеорологические наблюдения начались на станциях в Могилеве (1809), Витебске (1810), а немного позже в Бресте (1834), Бобруйске (1836), Горках (1841), Свислочи (1846), Минске (1849). Наиболее полные материалы имеются по ст. Горки, которая была организована при Горы-Горецком земледельческом институте. Здесь непрерывные наблюдения ведутся уже более 100 лет.

До настоящего времени на территории РБ создана довольно плотная и разносторонняя сеть метеорологических наблюдений, которая входит во Всемирную службу погоды и подчиняется Всемирной метеорологической организации.

Сеть метеорологических наблюдений в 58 пунктах республики образуют следующие центры и станции:

- Республиканский гидрометеорологический центр (г. Минск);
- областные гидрометеорологические центры – 6 шт.;
- метеорологические станции – 37 шт.;
- агрометеорологические станции – 6 шт. (в т.ч. АС Горки);
- гидрологические станции – 3 шт.;
- болотные станции – 1 (Полесская);
- авиационные – 4 шт.

Основными задачами *Главгидромета* являются:

1. Организация гидрометеорологических наблюдений за состоянием атмосферы, воды, сельскохозяйственных культур, составом и уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почвы и вод, за радиационной обстановкой.

2. Сбор, анализ, обработка и распространение результатов этих наблюдений.

3. Составление и обеспечение народнохозяйственных предприятий и организаций различными прогнозами: погоды; гидрометеорологических условий на реках, озерах, водохранилищах; состояния сельскохозяйственных культур; уровня загрязнения атмосферы, почвы и вод; радиационных условий.

4. Составление и издание научно-прикладных справочников о климатических, агроклиматических и водных ресурсах, гидрометеорологическом режиме, уровне загрязнения окружающей среды.

5. Ведение фонда данных: сбор, учет, сохранение и выдача материалов гидрометеорологических наблюдений заинтересованным организациям и лицам.

Кроме метеостанций в отдельных административных районах и отдельных хозяйствах существуют *метеорологические посты*.

## Лекция № 8

### Расчетные климатические параметры для строительного проектирования

1. Показатели временной изменчивости и комплексной оценки климатических параметров.
2. Состав и область применения климатических параметров.
3. Методы расчета климатических параметров для строительного проектирования и строительства.
4. Учет природно-климатических параметров при проектировании объектов строительства и обустройства территорий.
5. Влияние метеорологических факторов на технологию строительства.

## 1. Показатели временной изменчивости и комплексной оценки климатических параметров

Климатология как наука базируется на данных многолетних наблюдений и оперирует средними значениями. При этом широко используются статистические приемы обработки данных метеостанций, которые накапливаются постоянно по определенной установленной системе.

Существенное значение для климатологии имеет расположение метеостанций, тип и характер установок, применяемых приборов, длительная и непрерывная работа станций в неизменных условиях. При обобщении материалов наблюдений широко применяются статистические методы обработки (метод средних величин), современные вычислительные комплексы.

По материалам наблюдений метеорологических станций вычисляются средние многолетние величины и их повторяемость по месяцам для указанных элементов.

Основная идея метода состоит в достижении полной сравнимости вычисленных средних и других данных. На этом построены все способы расчета и использования многолетних средних величин, приведения результатов наблюдений к одному уровню и одному периоду времени и т.п. Данные, систематизированные с помощью этого метода, наносятся на карты и служат для климатологических обобщений.

При проектировании, строительстве и эксплуатации сельских объектов приходится решать различные задачи с учетом климатических показателей, которые можно разбить на три группы:

1. Показатели временной структуры – периодические изменения элемента во времени, т.е. суточные, декадные, месячные и годовые изменения параметров, характеризующиеся амплитудой и моментом наступления экстремальных и других значений элементов (средними данными и повторяемостью).

2. Показатели неперiodических изменений элемента, связанности (корреляции) рядов между собой, межсуточной изменчивости, непрерывной продолжительности значений элемента выше или ниже заданного уровня – коэффициент корреляции (автокорреляции) между соседними членами ряда; среднее значение межсуточных изменений; среднее квадратичное отклонение межсуточных изменений; средняя непрерывная продолжительность значений элемента выше или ниже некоторого заданного значения (уровня); число периодов непрерывной продолжительности значений элемента выше (ниже) заданного уровня; повторяемость и накопленная повторяемость различных значений непрерывной продолжительности выше (ниже) заданного уровня.

3. Показатели комплексной оценки метеорологических элементов – повторяемость и накопленная повторяемость сочетаний значений комплексирующих элементов; коэффициент корреляции (корреляционное отношение) между значениями комплексирующих элементов.

## 2. Состав и область применения климатических параметров

При разработке генеральных планов, поселков, сельских населенных пунктов, проектировании зданий и сооружений, дорог, выборе материалов для конструкций, проектировании систем отопления, вентиляции, водоснабжения необходим учет целого ряда климатических параметров. Общий состав и область применения необходимых климатических параметров приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Состав и область применения климатических параметров

Состав климатических параметров	Область применения
Температура воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки	Расчет сопротивления теплопередаче и воздухопроницаемости ограждающих конструкций; проектирование санитарно-технических устройств жилых зданий, систем отопления; выбор материалов строительных конструкций.
Средняя продолжительность температуры воздуха различных градаций	Расчет систем вентиляции и кондиционирования воздуха
Средняя месячная температура воздуха	Расчет теплоустойчивости и сопротивления паропроницаемости ограждающих конструкций; расчет температурного режима грунтов при проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений; определение температурных воздействий на строительные конструкции; основания зданий и сооружений; расчет поступления тепла через покрытия
Продолжительность и средняя температура отопительного периода	Расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций; проектирование систем отопления
Максимальная глубина нулевой изотермы грунта	Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений, строительных конструкций, систем водоснабжения
Распространение и мощность мерзлотных (криогенных) процессов, средняя годовая температура вечномерзлых грунтов	Проектирование оснований, фундаментов и конструкций зданий и сооружений, газопроводов, трубопроводов, систем водоснабжения
Число дней с переходом температуры воздуха через 0 <sup>0</sup> C	Расчет температурных воздействий на ограждающие конструкции
Основные сочетания параметров воздействия дождя с ветром на условную вертикальную поверхность различной ориентации	Оценка водозащитных свойств и заполнений проемов ограждающих конструкций
Средняя скорость ветра в разные периоды и повторяемость различных градаций скорости ветра	Расчет теплотерь и расходов топлива, рассеивания вредных выбросов; проектирование газопроводов и трубопроводов; планировка городской и промышленной застройки
Высота и продолжительность залегания снежного покрова	Расчет температурного режима грунтов при проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений; разработка генеральных планов промышленных предприятий
Суммарная солнечная радиация на горизонтальную и вертикальную поверхности	Расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций; проектирование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха; нормирование воздуха; нормирование инсоляции зданий и территории застройки

Дорожными организациями используются следующие показатели.

1. *Для учета солнечной радиации* – уровень солнечной радиации; уровень солнечной радиации заданной обеспеченности; угол наклона местности (рассматриваемой поверхности) по отношению к солнечным лучам; географическая широта.

2. *Для учета температуры воздуха* – средняя температура воздуха; среднесуточная температура; среднемесячная температура; среднегодовая температура; средняя многолетняя температура; средняя температура наиболее холодного периода года; средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца; средняя амплитуда суточных колебаний температуры; абсолютный максимум; абсолютный минимум; точка росы; продолжительность периода со среднесуточной температурой более  $t$  °С; продолжительность периода со среднемесячной температурой менее  $t$  °С; средняя продолжительность температуры различных градаций; средняя температура периода со среднемесячной температурой менее  $t$  °С; вертикальный градиент температуры; число дней с переходом температуры воздуха через 0 °С.

3. *Для учета температуры грунта (покрытия)* – температура грунта (почвы) на поверхности; температура грунта на глубине  $h$ ; глубина нулевой изотермы; максимальная глубина нулевой изотермы; средняя годовая температура грунта; мощность сезонно-мерзлого слоя грунта.

4. *Для учета влияния ветра* – преобладающее направление ветра; средняя скорость ветра; динамическое давление; скоростной напор.

5. *Для учета влажности воздуха* – упругость водяного пара; абсолютная влажность; удельная влажность; относительная влажность; дефицит влажности заданной обеспеченности; интенсивность испарения воды; продолжительность периода испарения воды; точка росы.

6. *Для учета атмосферных осадков* – среднее количество осадков; количество осадков за число дней с осадками более  $h$  мм; средняя интенсивность дождя; число дождей  $n$  %-ной обеспеченности; продолжительность осадков  $n$  %-ной обеспеченности.

7. *Для учета влияния снежного покрова* – высота снежного покрова; среднедекадная высота снежного покрова; продолжительность залегания снежного покрова.

8. *Для учета атмосферного давления* – сила, действующая на единицу горизонтальной поверхности (мм рт. ст.; Па; мб); динамическое давление).

9. *Для учета тумана* – физические условия образования; синоптические условия образования; повторяемость туманов; агрегатное состояние капель воды и кристаллов льда; распределение температуры в тумане; водность тумана.

10. *Для учета облачности* – микроструктура облаков; водность облаков; высота нижней границы; вертикальная протяженность; степень покрытия неба облаками.

11. Для учета других атмосферных явлений: среднее число дней с грозами; среднее число дней с метелями; прозрачность атмосферы (коэффициент); метеорологическая дальность горизонтальной видимости.

### **3. Методы расчета климатических параметров для строительного проектирования и строительства**

Климатическая информация, на основе которой разрабатываются расчетные климатические параметры для строительства, представляется различными количественными показателями.

Первичной метеорологической информацией являются данные наблюдений на метеорологических станциях в синхронные сроки наблюдений, соответствующим 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 часам поясного времени Гринвича. Наблюдения ведутся за показателями солнечной радиации, температуры и влажности воздуха, осадков, облачности, давления, ветра, за атмосферными явлениями, снежным покровом, температурой почвы. На отдельных метеостанциях самописцы фиксируют ежечасные значения некоторых метеорологических элементов.

Результаты наблюдений на метеорологических станциях сводят в таблицы специальной формы, которые являются опорными для разработки всей последующей климатической информации.

На основе данных этих таблиц вычисляют средние суточные, месячные и годовые значения метеорологических элементов для каждого месяца и года всего периода наблюдений, которые сводят в метеорологические ежемесячники и ежегодники.

Данные опорных метеорологических таблиц, ежемесячников и ежегодников составляют первый уровень обработки.

Первый уровень обработки является базой для установления средних многолетних значений метеорологических элементов за пятилетие (второй уровень обработки) и за весь период наблюдений (третий уровень обработки).

Четвертым уровнем обработки климатической информации является пространственное обобщение климатических данных в виде карт изолиний, районирования территории, осреднения по территориально-экономическим районам.

Для характеристики режима метеорологических элементов используются следующие виды климатических показателей:

- показатели отдельных метеорологических элементов;
  - комплексные показатели;
  - показатели временной структуры метеорологических элементов.
- Показателями отдельных метеорологических элементов являются:
- повторяемость различных значений элемента;
  - накопленная повторяемость (обеспеченность);
  - средние значения;
  - крайне (максимальные и минимальные) значения;

- показатели изменчивости;
- показатели асимметрии и крутости кривой распределения.

Повторяемость есть отношение числа случаев со значениями метеорологического элемента, входящими в данную градацию (интервал), к общему числу членов ряда (в долях единицы или в процентах). Повторяемость, полученную на основании длинного ряда наблюдений, называют вероятностью.

Накопленная повторяемость характеризует частоту появления значений метеорологического элемента, превышающих (или не превышающих) заранее заданное значение. Суммарную повторяемость, полученную на основании длинного ряда наблюдений, называют интегральной вероятностью или обеспеченностью.

Расчет обеспеченности (P) с использованием ранжированного климатологического ряда в зависимости от его длины производится по формулам:

$$P = (m - 0,3)/(n + 0,4); \quad P = (m - 0,25)/(n + 0,5); \quad P = m/(n + 1),$$

где  $m$  – порядковый номер членов климатологического ряда;  
 $n$  – число членов (длина) ряда.

Среднее арифметическое значение – отношение суммы значений членов ряда к общему их числу. В качестве дополнительных показателей среднего значения применяются медиана – значение среднего члена в ряду значений простого ранжированного распределения, и мода – значение, наиболее часто встречающееся в ряду метеорологических измерений.

Крайние значения – предельные показатели метеорологических элементов, зафиксированные в определенный период времени в рассматриваемом географическом пункте. Крайние значения климатических параметров (абсолютная минимальная и абсолютная максимальная температура воздуха, суточный максимум осадков) характеризуют те пределы, в которых заключены значения климатических параметров. Эти характеристики выбирались из экстремальных за сутки наблюдений. Различают абсолютный максимум или минимум, среднее из максимальных или минимальных значений и максимум или минимум заданной обеспеченности.

Показатели изменчивости – расчетные характеристики, с помощью которых оценивается степень рассеивания значений исследуемого элемента по отношению к его среднеарифметическому значению. К показателям изменчивости относятся:

#### 1. Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

где  $n$  – число наблюдений;

$x_i$  – значение при  $i$ -м наблюдении;  
 $\bar{x}$  – средняя арифметическая величина.

## 2. Коэффициент вариации

$$C_v = \sigma / \bar{x}.$$

## 3. Дисперсия

$$s^2 = \sigma^2.$$

Показатели асимметрии – величины, характеризующие закономерности распределения случайных величин, отличающихся от нормального распределения. К ним относится коэффициент асимметрии и эксцесса.

Коэффициент асимметрии определяется по формуле

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \sigma^3}.$$

При  $A = 0$  распределение нормальное.

При  $A > 0$  распределение асимметричное правостороннее.

При  $A < 0$  распределение асимметричное левостороннее.

Асимметрия считается малой при  $|A| \leq 0,25$ , умеренной при  $0,25 < |A| \leq 0,5$  и большой при  $|A| > 0,5$ .

Коэффициент эксцесса определяется по формуле

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n \sigma^4} - 3.$$

При  $E = 0$  распределение нормальное. Если  $E > 0$ , крутость положительная, и кривая распределения имеет более острую вершину, чем при нормальном распределении. Если  $E < 0$ , крутость отрицательная, и кривая имеет более плоскую вершину.

## 4. Учет природно-климатических параметров при проектировании объектов строительства и обустройства территорий

Учет местных климатических и микроклиматических условий позволяет более обоснованно подойти к принятию проектных решений. Следовательно, при проектировании объектов сельского строительства и обустройства территорий необходимо не ограничиваться общей характеристикой климата, полученной путем отнесения района объекта к соответствующей зоне, а изучать с достаточной подробностью климатические элементы по данным местных метеорологических станций.

Метеорологические факторы оказывают влияние на прочность, долговечность и комфортность строящихся объектов и в значительной мере определяют их стоимость. Учет климатического режима при строительном проектировании агропромышленных зданий и жилых домов (коммунальное строительство) является необходимым условием оптимального удешевления объекта. Так, изменение расчетной температуры на  $10^\circ\text{C}$  приводит к изменению стоимости здания на 1 %;



это связано с выбором типа здания, его теплоизоляционных качеств, системы отопления и т. п.

При проектировании тщательно учитывается влияние ветра как регулятора температурно-влажностного режима и фактора внешних нагрузок на строящийся объект и в первую очередь на высотные сооружения. Увеличение ветровой нагрузки с 45 до 55 кг/м<sup>2</sup> приводит к изменению стоимости прокладки 100 км ЛЭП 350–500 кВ с 200 до 400 тыс. у.е.

При решении ряда других строительных задач учитываются осадки, солнечная радиация, температура почвы и такие атмосферные явления, как грозы, пыльные бури, туманы и гололеды.

Учет климатических условий является одним из резервов повышения качества и снижения себестоимости строительства. В этом и проявляется существенный экономический и социальный эффект использования нормативной метеорологической информации.

Таким образом существенное значение для проектирования в условиях сельской территории имеют следующие климатические элементы:

1. Годовая сумма осадков и их распределение по месяцам; разделение их на твердые и жидкие; интенсивность, продолжительность и частота дождей.

2. Годовой режим температуры воздуха – максимальные, минимальные и средние месячные температуры.

3. Режим формирования снежного покрова; продолжительность его залегания; средние числа начала и конца устойчивого покрова; толщина снежного покрова по месяцам; частота и интенсивность метелей.

4. Сила ветра и его направление, особенно зимой, когда возможны метели и заносы дорог.

5. Глубина промерзания грунта, режим его промерзания и оттаивания.

6. Температура на поверхности покрытия и в его глубинах.

7. Условия испарения влаги.

Каждый из приведенных климатических элементов имеет свое определенное проектное назначение.

Важным является режим атмосферных осадков, их годовое количество, сезонное и месячное распределение, продолжительность и интенсивность отдельных дождей. Под влиянием осадков формируется поверхностный сток, режим рек и работа водоотводных сооружений, происходят увлажнение поверхности площадок, сооружений, заносы дорог снегом и эрозия неукрепленных поверхностей насыпей дамб и дорог. Сезонное распределение осадков различно не только для разных мест, но и для одного и того же места в различные годы. Для рациональной организации режима работы строительных и агротехнических служб в условиях строительного сезона следует знать число дней с осадками разной интенсивности.

Одной из важнейших климатических характеристик климата является температура воздуха. Колебания температуры в течение года влияют на

условия теплообмена в зданиях, сроки просыхания дорог, особенно грунтовых и гравийных, на их пылимость.

На климат определенной местности оказывают влияние местные природные условия, вследствие чего необходимо учитывать *микроклимат* различных районов. В вогнутых формах рельефа суточные колебания температуры больше, минимумы температур ниже и весенние заморозки заканчиваются позже, чем на холмах и на возвышенностях.

В районах, лежащих более высоко над уровнем моря, где сухость воздуха выше, интенсивность солнечной радиации больше, почва прогревается сильнее, чем в низележащей местности. Однако при этом более существенна роль ветрового режима и его нагрузок на элементы сооружений. Преобладающее направление ветра (розу ветров) необходимо учитывать при плановом расположении животноводческих ферм, свинокомплексов и полезащитных лесополос.

Существенную роль играет и экспозиция склонов земной поверхности относительно солнца: южные склоны получают большее число часов солнечного прогрева, и поэтому раньше освобождаются от снега, чем северные, почва сильнее прогревается и скорее просыхает. Это имеет решающее значение при проектировании садов, питомников, теплиц и т.п.

## **5. Влияние метеорологических факторов на технологию строительства**

Агропромышленное, коммунальное и жилищное строительство находится в сильной зависимости от погоды. Ее неблагоприятное влияние выражается в потере и неэффективном использовании рабочего времени, в простое строительной техники и транспорта, в порче строительного материала и оборудования. Благоприятные условия погоды могут быть умело использованы для повышения качества и темпов работ.

Весь ход строительства объектов – подвоз стройматериалов и конструкций, работа кранов, монтажные работы и тому подобное – зависит от текущей погоды, особенно от температуры воздуха, осадков и ветра. При сильном ветре и морозе работа на открытом воздухе крайне затруднена и может быть приостановлена. При скорости ветра 12 м/с и более прекращают работу подъемные краны. Ливневые осадки могут вызвать значительные подъемы уровня воды в реке и затопление части территории строительства.

С учетом этого в строительстве широко используются прогнозы погоды. Так, долгосрочные прогнозы позволяют составить ориентировочный план работы на месяц, сезон и более длительный период.

Для наиболее рациональной расстановки рабочей силы и техники, определения очередности работ и заблаговременного прекращения работ, которые по метеорологическим условиям могут привести к убыткам, в повседневной работе используются краткосрочные прогнозы.

Прогнозы погоды и предупреждения об опасных явлениях (ОЯ) и особо опасных – стихийных явлениях (СЯ) передаются в диспетчерские

службы как в период строительства, так и в период эксплуатации ряда промышленных и сельских объектов. Для района строек зданий повышенной этажности составляются прогнозы ветра на высоте 25 м.

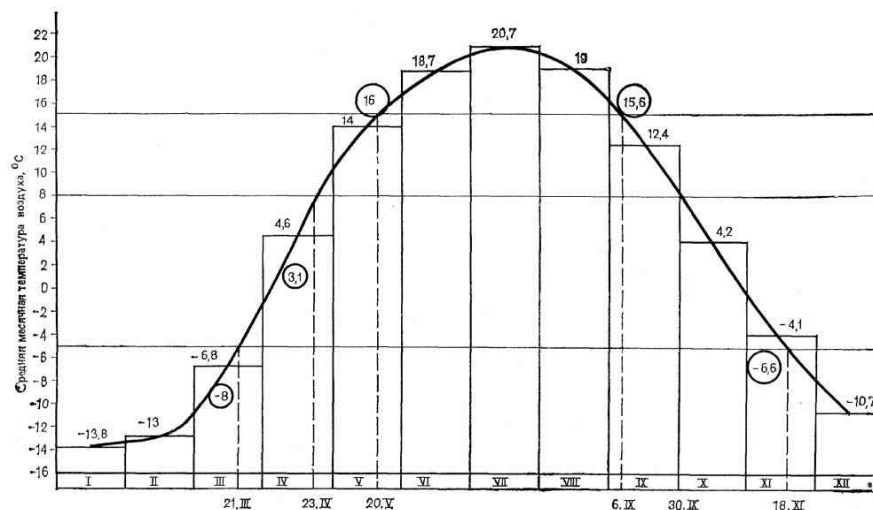
Метеорологические факторы и климатические условия зоны конкретного объекта существенно влияют на организацию и технологию его строительства. Температурный режим территории, сроки и продолжительность теплого и холодного периодов, даты и глубина промерзания грунта определяют календарные планы строительства, вид и состав применяемой техники.

Поэтому разрабатываемые технологические схемы и технические условия производства работ на различных объектах сельского строительства должны учитывать климатические особенности строительной площадки.

Одним из наиболее важных климатических факторов является *продолжительность и средняя температура воздуха периодов со средней суточной температурой воздуха ниже или выше заданных пределов*. Его определяют с учетом местных условий следующим образом.

По данным СНБ 2.04.02-2000 «Средняя месячная и годовая температуры воздуха» строится график годового хода температуры воздуха (рис. 8.1).

График строится методом гистограмм: средняя месячная температура воздуха изображается в виде прямоугольника, у которого основание равно числу дней месяца, а высота – средней температуре воздуха за данный месяц. Кривая годового хода проводится так, чтобы участок площади, который она отсекает с одного конца прямоугольника, был равен участку, который она прибавляет к нему с другой стороны.



**Рис. 8.1. График расчета продолжительности и средней температуры воздуха периодов со средней суточной температурой воздуха ниже и выше заданных пределов:**  
 цифра в кружочке – средняя температура воздуха за неполные месяцы; 18.XI, 21.III – даты начала и конца периода со средней суточной температурой воздуха, равной и ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ ; 30.IX, 23.IV – даты начала и конца периода со средней суточной температурой воздуха, равной и ниже  $8^{\circ}\text{C}$  (отопительный период); 20.V, 6.IX – даты начала и конца периода со средней суточной температурой воздуха, равной и выше  $15^{\circ}\text{C}$ .

С графика снимают даты устойчивого перехода заданных пределов средней суточной температуры воздуха и по разнице между этими датами определяют продолжительность периода в сутках, в течение которого средняя суточная температура воздуха устойчиво остается ниже или выше заданных пределов.

Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой ниже или выше заданных пределов определяется следующим образом.

Вычисляют сумму температур воздуха за полные месяцы периода со средней суточной температурой воздуха ниже или выше заданных пределов сложением произведений средней месячной температуры воздуха соответствующего месяца на число дней в этом месяце.

Затем определяют среднюю температуру воздуха неполных месяцев по кривой годового хода температуры на отрезках от даты начала периода до конца месяца и от начала месяца до даты конца периода и рассчитывают сумму температур за неполные месяцы. Среднюю температуру воздуха периода со средней температурой ниже или выше заданных пределов определяют делением общей суммы температур воздуха периода на его продолжительность.

Все разрабатываемые технологические схемы и технические условия производства работ на различных объектах сельского строительства должны учитывать климатические особенности строительной площадки.

В частности при строительстве автомобильных дорог должны выполняться следующие требования:

- устройство оснований и покрытий из грунтов, укрепление их неорганическими вяжущими материалами следует осуществлять при температуре не ниже 5 °С;

- влажность смеси грунтов с неорганическими вяжущими перед уплотнением должна соответствовать оптимальной, но в зависимости от погодных условий во время производства работ допускается не более чем на 2-3 % выше оптимальной при сухой погоде без осадков и температуре воздуха выше 20 °С и на 1-2 % меньше оптимальной при температуре ниже 10 °С и наличии осадков;

- при температуре воздуха выше 20 °С для замедления процесса схватывания смеси и обеспечения оптимальных условий уплотнения в смесь вводятся соответствующие добавки;

- уплотнение смеси грунта с цементом до максимальной плотности должно быть закончено не позднее чем через 3 ч, а при пониженной температуре (ниже 10 °С) – не позднее чем через 6 часов после введения в смесь воды или раствора солей;

- основания и покрытия из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами, разрешается устраивать в сухую погоду при температуре не ниже 10 °С.

## 2 Практический раздел

### Электронные методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Изыскания и строительная климатология»

[Практическая работа №1](#) СХЕМЫ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО И МЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОСОБЕННОСТИ ИХ ИЗЫСКАНИЙ

[Практическая работа № 2](#) ВИДЫ, КОНСТРУКЦИЯ И ЗАКЛАДКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗНАКОВ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ

[Практическая работа № 3](#) ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЪЕМОЧНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕКТА ИЗЫСКАНИЙ

[Практическая работа № 4](#) ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СХЕМ ПОЛЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРУНТОВ

[Практическая работа № 5](#) ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТА ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ ОТКАЧКИ ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ

[Практическая работа № 6](#) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧНОГО ВОДОСБОРА НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

[Практическая работа №7](#) СНИЖЕНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОЁМЫ

[Практическая работа № 8](#) ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

[Практическая работа № 9](#) ПРОГНОЗНЫЕ РАСЧЕТЫ ВОЗМОЖНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

[Практическая работа № 10](#) КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ И ВИДЫ КЛИМАТОВ

[Практическая работа № 11](#) ВЕРТИКАЛЬНОЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

[Практическая работа № 12](#) ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ, ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

[Практическая работа № 13](#) ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА, ИСПАРЕНИЯ И ОСАДКОВ

[Практическая работа № 14](#) ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ, СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА

[Практическая работа № 15](#) СОСТАВ И МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

[Практическая работа № 16](#) РАСЧЕТЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

## Практическая работа №1

### СХЕМЫ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО И МЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОСОБЕННОСТИ ИХ ИЗЫСКАНИЙ

**Цель** – получить общее представление о назначении объектов изысканий, их конструкции и характере взаимодействия с природной средой для установления особенностей изысканий.

#### **Основные задачи:**

1. Изучить виды и классификацию указанных объектов.
2. Вычертить принципиальные схемы наиболее типичных объектов и указать их элементы.
3. Отметить основные задачи и виды изыскательских работ в зависимости от характера объекта.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [2, 3, 4], конспект лекций, плакаты и ксерокопии схем изучаемых объектов.

#### **Теоретическая часть.**

С точки зрения особенностей изысканий и проектирования объекты сельского строительства можно классифицировать по их целевому назначению и характеру расположения на местности.

По назначению выделяются объекты сельского, мелиоративного и водохозяйственного строительства.

1. *Объекты сельского строительства.* Общее назначение – создание жилой, социально-культурной и производственной базы на селе.

В состав этих объектов входят сельские населенные пункты (жилые и производственные здания), животноводческие фермы и комплексы, инженерные сети (подземные и воздушные коммуникации), дорожная сеть и производственные площадки. Схемы отдельных объектов сельского строительства приведены на рис. 1.1 – 1.2.

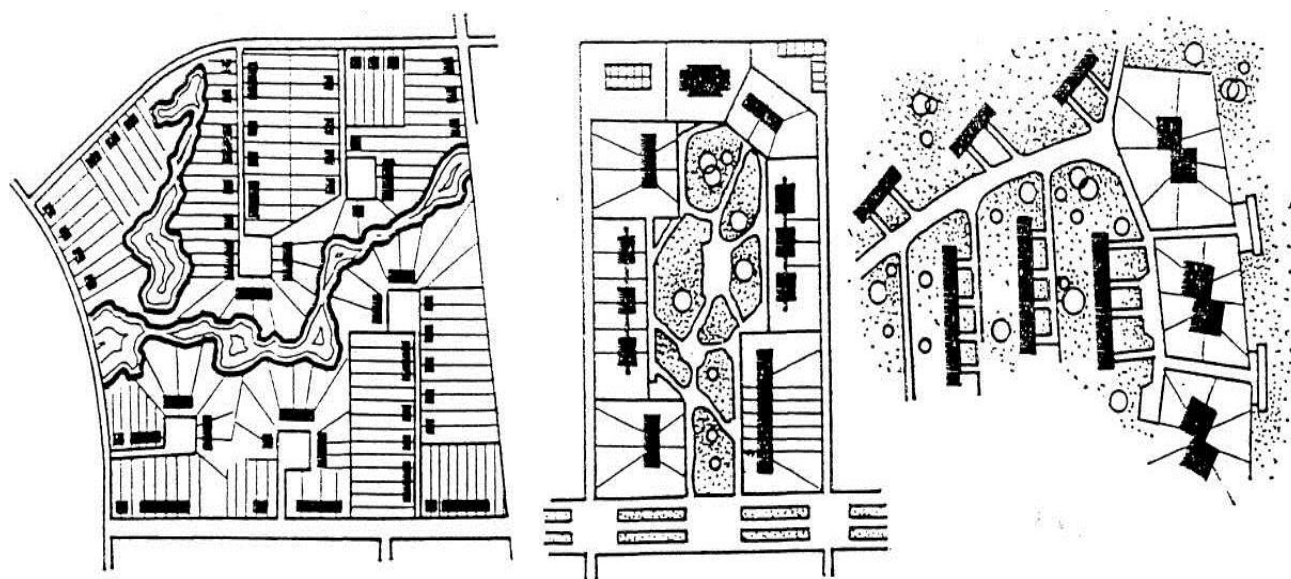


Рис. 1.1. Варианты схем групповой жилой застройки сельских населенных пунктов

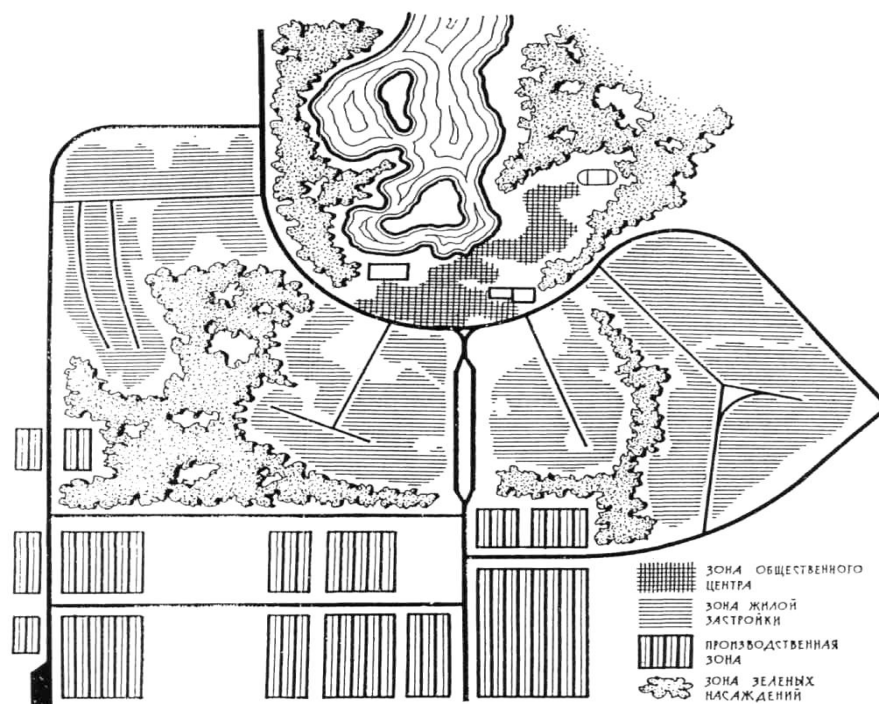


Рис. 1.2. Схема функционального зонирования поселка

2. *Водохозяйственные объекты* (системы и сооружения). Их назначение – сельхозводоснабжение, обводнение территории, малая гидроэнергетика, рыбоводство, создание ландшафта и зон отдыха.

К данным объектам относятся: системы сельскохозяйственного водоснабжения (рис.1.3); водохранилищные гидроузлы (рис.1.4); пруды с земляной плотиной; речные водозаборные гидроузлы; водозаборы подземных вод; обводнительные каналы; отдельные гидротехнические сооружения (рис. 1.5, 1.6).

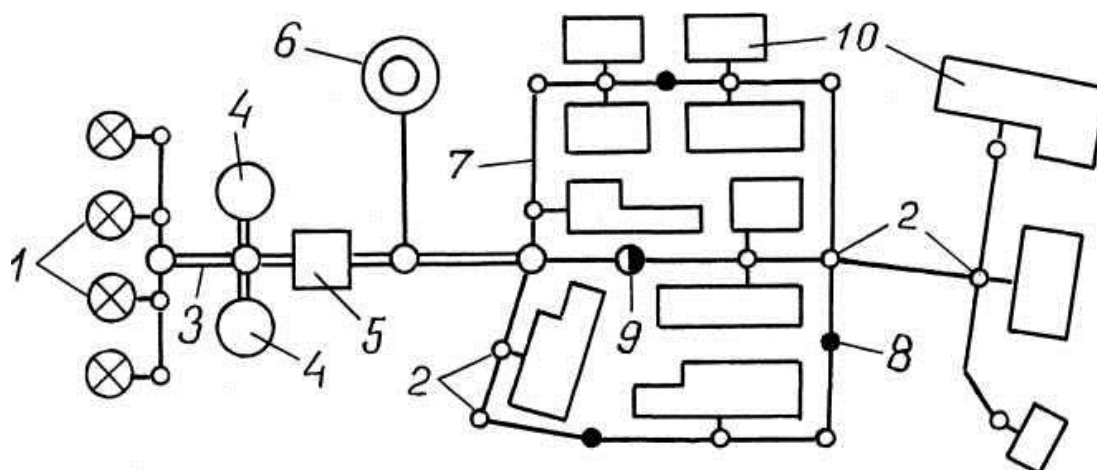


Рис. 1.3. Схема системы хозяйственно-бытового водоснабжения:

- 1 – водозаборные скважины; 2 – водопроводные колодцы; 3 – водоводы;
- 4 – запасно-регулирующие резервуары; 5 – насосная станция второго подъема;
- 6 – водонапорная башня; 7 – водопроводная сеть; 8 – водоразборная колонка;
- 9 – пожарный гидрант; 10 – водоснабжаемые объекты

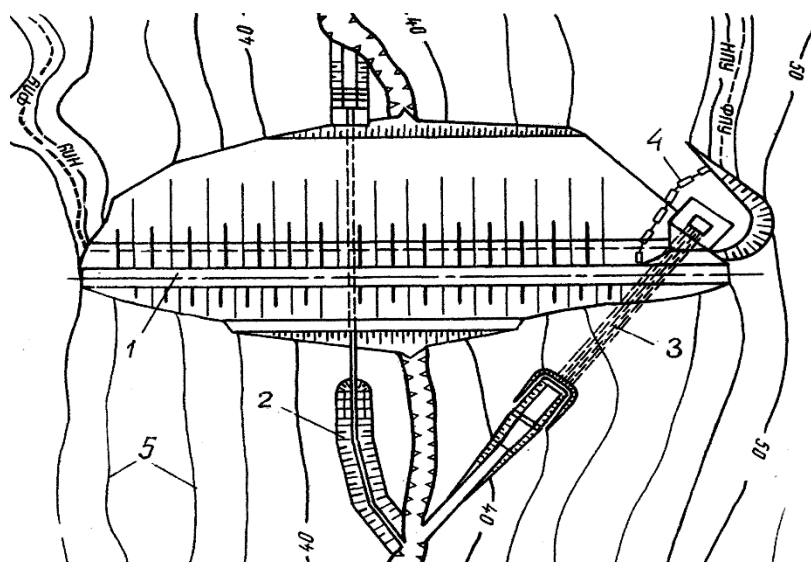


Рис. 1.4. Гидроузел с грунтовой плотиной:  
 1 – плотина; 2 – донный водоспуск; 3 – ковшовый водосброс;  
 4 – запань; 5 – горизонтали

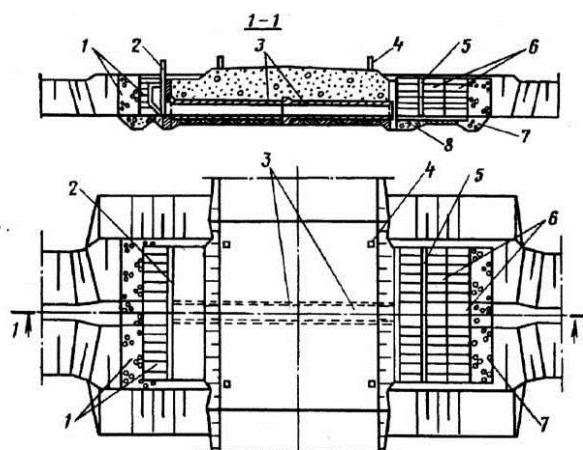


Рис. 1.5. Регулятор трубчатый:  
 1 – понур; 2 – оголовок с затвором; 3 – водопроводящая часть из звеньев круглых труб;  
 4 – надолба; 5 – гасители; 6 – рисберма; 7 – зуб из камня; 8 – обратный фильтр

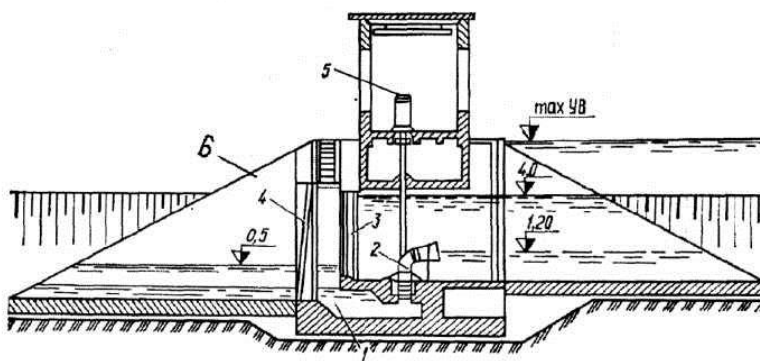


Рис. 1.6. Осушительная (польдерная) насосная станция совмещенного типа:  
 1 – всасывающий узел; 2 – насос; 3 – шлюзовые ворота; 4 – сороудерживающая  
 решетка; 5 – электродвигатель; 6 – оградительная дамба.



3. *Гидромелиоративные системы (ГМС).* Их назначение – гидротехнические (водные) мелиорации сельскохозяйственных земель в сочетании с другими видами мелиорации (культуртехническими, агротехническими и др.).

К отдельным мелиоративным объектам относятся участки культуртехнических работ на землях, не требующих осушения, а также участки рекультивации и восстановления почвенного плодородия. Примеры отдельных схем приведены на рис. 1.7, 1.8.

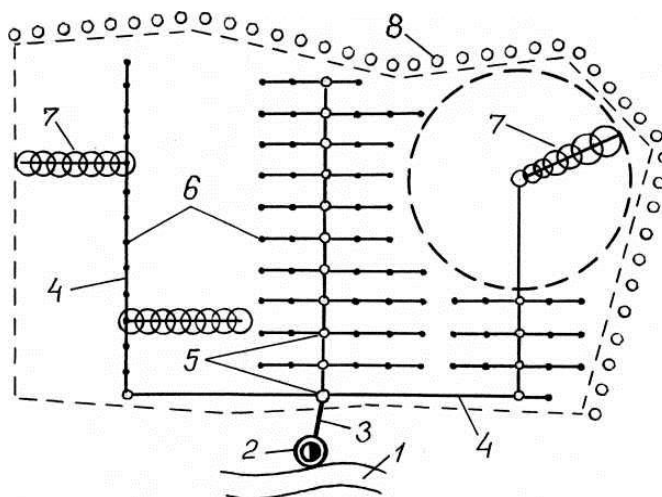


Рис. 1.7. Оросительная дождевальная система:  
 1 – река-водоисточник; 2 – насосная станция; 3 – магистральный трубопровод;  
 4 – распределительный трубопровод; 5 – распределительные колодцы;  
 6 – гидранты; 7 – дождевальные устройства; 8 – полевая защитная лесополоса

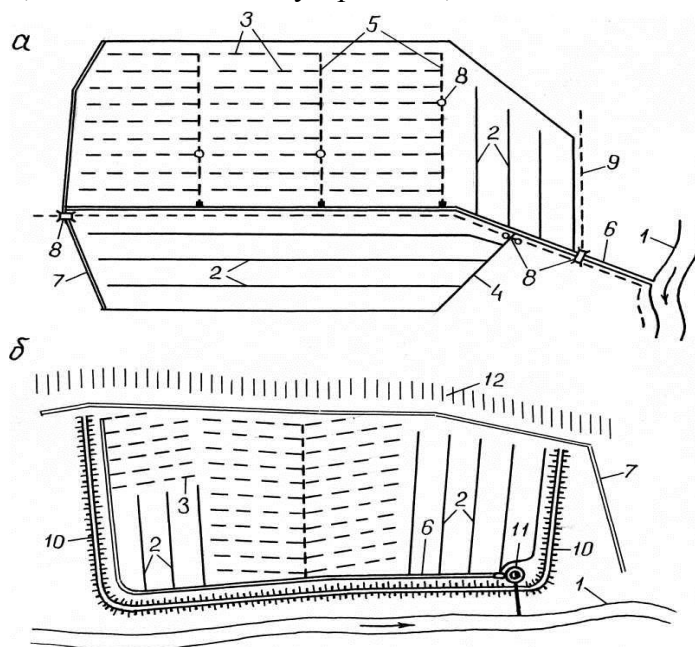


Рис. 1.8. Самотечная (а) и польдерная (б) осушительные системы:  
 1 – река-водоприемник; 2 – открытые осушители; 3 – закрытый дренаж; 4 – открытый коллектор; 5 – закрытый коллектор; 6 – магистральный канал; 7 – нагорный канал;  
 8 – сетевые гидросооружения; 9 – дороги; 10 – оградительная дамба; 11 – осушительная насосная станция; 12 – надпойменная терраса

По характеру расположения на местности вышеприведенные объекты изысканий условно делятся на *площадные, линейные и локальные*.

*Площадными* считаются объекты, занимающие значительную территорию (обычно от нескольких до сотен гектаров), длина и ширина которых примерно одного порядка. К ним относятся сельские населенные пункты, крупные производственные площадки, мелиоративные системы, пруды, водохранилища. Самостоятельным видом площадных объектов являются также участки для добычи торфа и месторождения местных строительных материалов.

*Линейными* называются объекты или сооружения с большой протяженностью и относительно малыми поперечными размерами. Это дороги, инженерные и коммуникационные сети, каналы, трубопроводы, дамбы сети. К естественным линейным объектам можно отнести реки.

*Локальные* сооружения занимают незначительные участки территории (площадки), в пределах которых варьирование природных условий отмечается преимущественно в вертикальной плоскости. К таким объектам относятся отдельные жилые и производственные здания, гидротехнические и другие сооружения, буровые скважины.

Такие сооружения, как плотины и мосты, имеющие более специфическую конфигурацию, можно назвать локально-линейными.

#### **Порядок выполнения.**

С использованием лекционного материала и указанной литературы дается краткое описание основных видов изучаемых объектов строительства. В соответствии с приведенной выше классификацией студент индивидуально вычерчивает схемы различных объектов, выделяет и указывает их элементы.

В зависимости от рассмотренных видов объектов по характеру расположения на местности определяются индивидуальный состав и направленность их изысканий. Для площадных, линейных и локальных объектов характерны следующие особенности изыскательских работ.

В комплексе изысканий для площадных объектов (населенных пунктов, мелиоративных систем и т.п.) основным видом работ являются *съёмки участка* (топографическая, геологическая, почвенная и др.).

Для линейных объектов особое значение имеют *трассировочные работы*.

При изысканиях площадок под строительство локальных сооружений главное внимание уделяется инженерно-геологическим *исследованиям грунтов* будущих оснований фундаментов.

Указанные виды изыскательских работ конкретизируются по изученным объектам при последующем освоении дисциплины.

### **Контрольные вопросы**

1. По каким признакам классифицируются объекты изысканий для сельского и мелиоративного строительства?

2. Назовите примеры площадных, линейных и локальных объектов сельского строительства и обустройства территорий.
3. Какой вид изысканий характерен линейным объектам?
4. Почему основным видом изыскательских работ на локальных объектах является изучение свойств грунтов?
5. Какие виды съемок выполняют на территории площадных объектов ?

## **Практическая работа № 2**

### **ВИДЫ, КОНСТРУКЦИЯ И ЗАКЛАДКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗНАКОВ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ**

**Цель** – изучить классификацию, конструкцию и условия закладки геодезических знаков при топографо-геодезических изысканиях.

**Основные задачи:**

1. Рассмотреть виды и классификацию геодезических знаков, используемых при изысканиях.
2. Вычертить схемы плановых и высотных геодезических знаков с выполнением дополнительной проекции (вид сверху), изучить их конструкцию.
3. Освоить основные правила закладки и использования геодезических знаков в полевых условиях.

**Исходные данные и оборудование:** схемы геодезических знаков на плакатах, лекционный материал, литература [2, 4, 5, 6].

**Теоретическая часть.**

*Геодезический знак* – это сооружение или устройство, обозначающее положение геодезического пункта на местности.

*Геодезическим пунктом* называется условная точка, положение которой в известной системе координат определено геодезическими методами и закреплено на местности соответствующим геодезическим знаком.

Геодезические знаки классифицируют по следующим признакам:

- а) по назначению – плановые, высотные, планово-высотные;
- б) по классу точности – пункты государственной геодезической сети, пункты сети сгущения, пункты сети съемочного обоснования;
- в) по времени использования – долговременные (постоянные), временные;
- г) по характеру расположения на местности – грунтовые, стенные, на крышах зданий.

Пункты плановой геодезической опоры (всех классов и разрядов) закреплены на местности *центрами пунктов* триангуляции, полигонометрии, трилатерации соответствующих классов и наружными знаками над ними. Назначение центра – обеспечить длительную сохранность и неизменность положения закрепленного пункта.

Непосредственно центром пункта является *отверстие* диаметром 2 мм в его металлической марке.

Конструкции некоторых центров пунктов для условий сезонного промерзания грунта приведены на рис. 2.1.

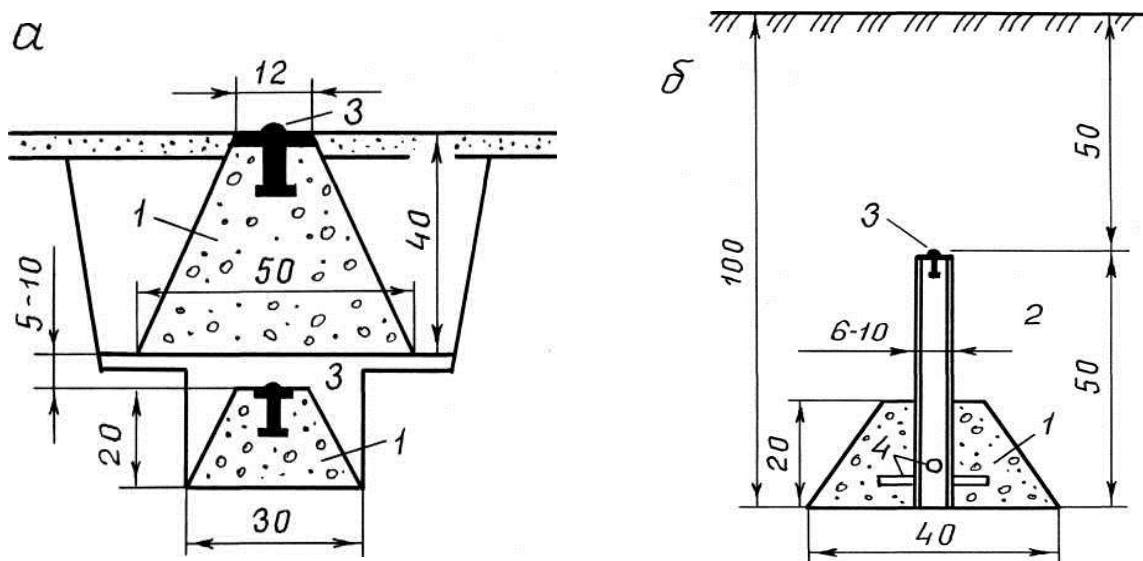


Рис. 2.1. Центры пунктов триангуляции, полигонометрии, трилатерации 1 и 2 разрядов и полигонометрии 4 класса: а – тип 5 г.р.; б – тип 6 г.р.; 1 – бетонные монолиты в виде усеченной четырехгранной пирамиды; 2 – металлическая или асбестоцементная труба; 3 – марки центров; 4 – металлические стержни. Размеры даны в см.

Наружные знаки пунктов государственной геодезической сети выполнены в виде пирамид и сигналов (рис. 2.2).

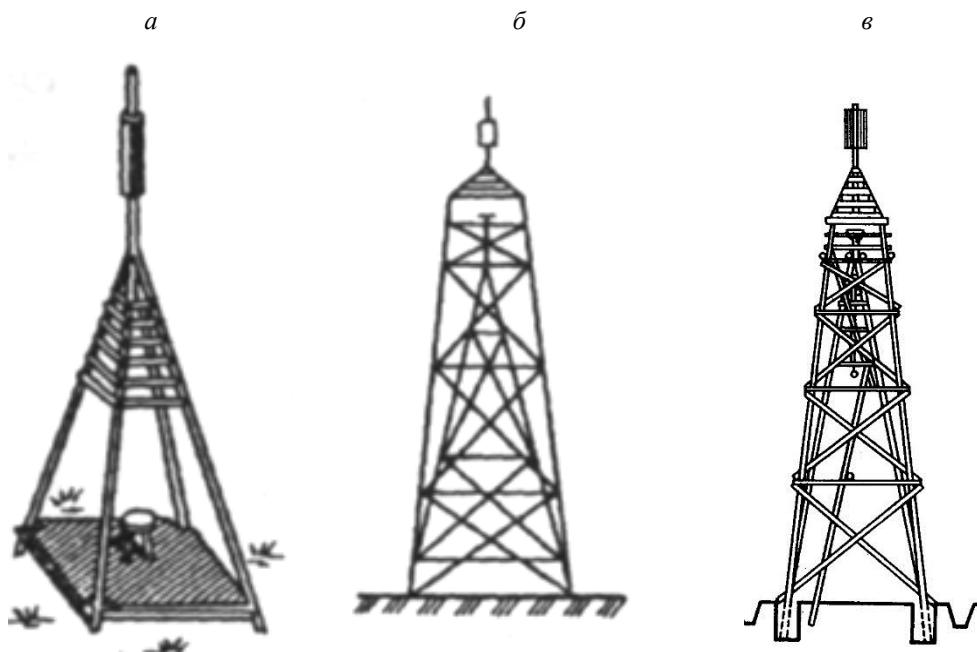


Рис. 2.2. Возможные конструкции наружных геодезических знаков: а – пирамида; б – простой сигнал; в – сложный сигнал

На пунктах, создаваемых для обоснования топографических съемок, применяются металлические пирамиды-штативы со съемными визирными целями. Визирные цели должны быть *малофазными* с высотой визирного цилиндра 0,50 и диаметром 0,25 м. Малофазная цилиндрическая поверхность создается краями радиально расположенных планок, прикрепленных к дискам. Расстояние от приборного стока до нижнего диска цилиндра должно быть не менее 0,8 м.

Наружные знаки должны быть устойчивыми, прочными и симметричными относительно вертикальной оси. Уклонение проекций центров визирного цилиндра и столика для прибора от центра пункта, как правило, не более 5 см.

На застроенной территории пункты геодезической опоры закрепляются в устойчивых элементах зданий. Центры пунктов закрепляются марками, заложенными в тур или верхнее перекрытие. На знаках, установленных на крышах зданий, элементы приведения, как правило, должны быть сведены к нулю.

На незастроенной открытой территории у каждого пункта плановой опорной сети на расстоянии 0,5...1,0 км устанавливаются *ориентирные пункты* (по два у пунктов 1-4-го классов и по одному у пунктов сгущения). В закрытой (лесной) местности это расстояние уменьшается до 250 м. Ориентирные пункты закрепляются на местности по типу грунтовых центров (рис. 2.1,б) с наружным опознавательным столбом.

Пунктами высотной геодезической опоры являются *реперы* (фундаментальные – I, II классы; простые – всех классов нивелирования). Простые реперы делятся на грунтовые и стенные.

Конструкции грунтовых реперов различны, но каждая из них должна обеспечивать долговременную устойчивость знака, в том числе от выпучивания при замерзании и оттаивании грунта.

Пунктами высотной геодезической опоры служат также центры пунктов государственной плановой геосети, верхние марки которых пронивелированы по 4-му классу.

Для необходимого сгущения государственной геодезической сети, создания и закрепления на объекте сети съемочного обоснования выполняют закладку грунтовых реперов 4-го класса, постоянных строительных реперов, стенных знаков, закладных точек и ориентирных пунктов. Места, выбираемые для установки этих знаков, должны обеспечивать их долговременную сохранность, неизменность положения, быстрое отыскание в натуре и удобство последующего пользования ими.

Наружное оформление грунтового репера состоит из опознавательного знака с металлической охранной плитой, обращенной в сторону репера.

Техническое нивелирование закрепляется постоянными *строительными реперами* и пунктами съемочной сети долговременной сохранности. Постоянный строительный репер представляет собой железобетонный пилон или металлическую трубу длиной 200 см с заделанной сверху маркой и

бетонным якорем в виде усеченной пирамиды. Основание якоря должно быть на 50 см ниже границы наибольшего промерзания грунта и находиться на глубине не менее 180 см от поверхности. Схема закладки постоянного строительного репера и его окопки показана на рис. 2.3.

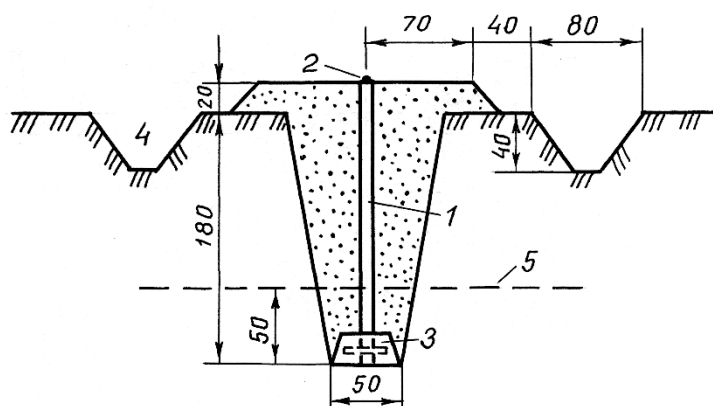


Рис. 2.3. Постоянный строительный репер:

1 – металлическая труба; 2 – марка репера; 3 – бетонный якорь; 4 – канава окопки в виде квадрата; 5 – граница наибольшего промерзания грунта. Размеры даны в см.

Стенные реперы закладываются в стены и цоколи прочных каменных, кирпичных, бетонных зданий и сооружений, построенных за несколько лет до установки знаков, на высоте 0,3...1,2 м от поверхности земли (рис.2.4).

Для закладки стенного чугунного репера (рис.2.4,а) в стене или цоколе, устое моста или другого сооружения выбирают соответствующее углубление на необходимую величину, а стенку вокруг него штукатурят оставшимся раствором. Стенной знак другого типа (рис.2.4,б) представляет собой металлический стакан, который выстрелом из строительного-монтажного пистолета СМП-3М крепят дюбель-гвоздем к стене (цоколю) здания или сооружения.

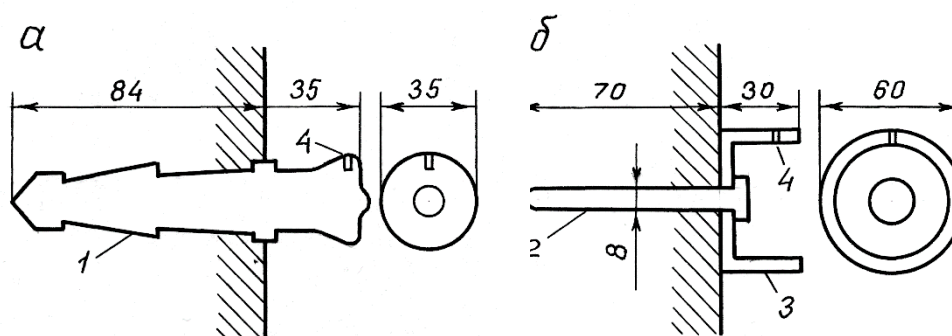


Рис. 2.4. Стенные геодезические знаки пунктов полигонометрии 2–4 классов:

1 – чугунный репер; 2 – дюбель-гвоздь; 3 – стальной стакан;  
4 – отверстие для визирного приспособления. Размеры даны в мм

Указанные стенные знаки являются также пунктами полигонометрии, центрами которых служат отверстия диаметром 2 мм.

Стенные реперы должны нивелироваться не раньше, чем через сутки, а постоянные грунтовые – не ранее 2–3 суток после их закладки.

Пункты сетей съемочного обоснования закрепляются на местности знаками, обеспечивающими их долговременную сохранность (рис.2.5), и временными знаками, с расчетом на сохранность точек на время съемочных работ.

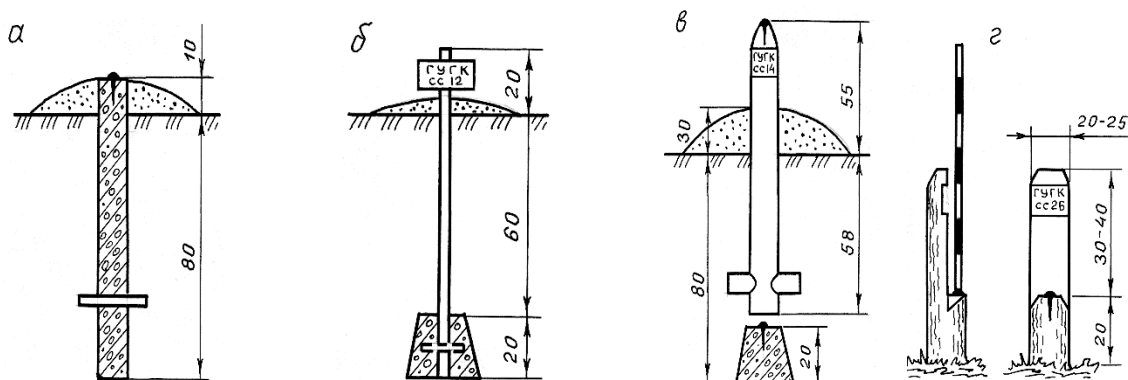


Рис. 2.5. Знаки долговременного закрепления пунктов съемочных сетей

В качестве знаков долговременного типа могут применяться: бетонный пилон размерами 12×12×90 см с заделанными в верхней части коваными гвоздями (рис.2.4,а); металлическая труба диаметром 3–6 см (отрезки рельса или уголка) длиной 100 см с бетонным якорем в виде усеченной пирамиды (рис.2.5,б); деревянный столб диаметром не менее 15 см с крестовиной, установленной на бетонный монолит с заделанным вверху гвоздем (рис.2.5,в); в лесной местности – пень свежесрубленного хвойного дерева диаметром в верхней части не менее 25 см с вырезом для надписи, полочкой и забитым кованым гвоздем (рис.2.5,г).

Знаки долговременного типа окапываются канавами в виде квадрата со стороной 1,5 м; над центром насыпается курган высотой не менее 0,1 м.

Временными знаками при съемочном обосновании могут служить деревянные колья диаметром 5-8 см, столбы или металлические трубы (уголковая сталь), забитые в грунт на 0,4–0,6 м, с установленными рядом «сторожками».

Временные знаки окапываются круглой канавой диаметром 0,8 м. Центр временного знака обозначается гвоздем, вбитым в верхний срез кола (столба), или насечкой на металле или камне.

В качестве временных знаков можно также использовать устойчивые местные предметы и сооружения: пни, деревья, большие валуны, километровые столбы, бетонные устья коллекторов и т.п.

При разбивке пикетажа для нивелирования на каждом пикете забиваются два колышка диаметром 3–5 см; «точка» (вровень с поверхностью земли для установки рейки) и «сторожок» (выступающий на 20 см над поверхностью в 5–10 см сзади «точки»). Глубина их забивки на минеральных почвах – не менее 20–25 см. На торфяниках глубина забивки «точки» – до минерального грунта (но не менее 50 см); «сторожка» – 50–100 см.

На постоянных знаках масляной краской, а на временных – пикетажным карандашом пишут: сокращенное название организации, проводящей работы; номер закрепленного пункта (точки) и год установки знака. Столбы и сторожки устанавливаются надписью вперед по ходу.

На все заложенные центры пунктов и реперы составляется карточка по установленной форме (*кроки*) с приложением фотоснимка места закладки. Постройка постоянных геодезических знаков оформляется соответствующим актом.

#### **Порядок выполнения.**

С использованием приведенного выше материала и указанной литературы дается краткое описание основных видов геодезических знаков, используемых при изысканиях.

Для изучения конструкции геодезических знаков согласно рассмотренной выше классификации следует вычертить их схемы, используя рис. 2.1–2.5 и литературу [1, 6, 12, 14]. При этом на схемах необходимо самостоятельно выполнить дополнительную (вертикальную) проекцию знаков – вид сверху.

На схемах указываются конструктивные элементы знаков и дается краткое описание основных правил закладки и использования геодезических знаков в условиях полевых изыскательских работ.

### **Контрольные вопросы**

1. По каким критериям классифицируют геодезические знаки?
2. Как называются высотные и плановые геодезические знаки?
3. Что является центром пункта геодезического знака и как им пользуются?
4. Как выполняется плановая и высотная привязка к стенному геодезическому знаку?
5. В чем основное правило закладки грунтового геодезического знака?

### **Практическая работа № 3**

#### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЪЕМОЧНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕКТА ИЗЫСКАНИЙ**

**Цель** – изучить параметры и освоить методы построения планово-высотной съемочной геодезической сети для площадного объекта.

#### **Основные задачи:**

1. Изучить исходные данные и вычертить схему участка (объекта) изысканий в масштабе 1:10000 по координатной сетке.
2. Нанести на схему исходные пункты государственной геодезической сети по их координатам.
3. Изучить возможные схемы привязки и развития съемочной геодезической сети.



4. Установить основные параметры съемочной сети для условия заданного объекта и наметить положение ее пунктов на схеме;

5. Определить координаты одного-двух пунктов съемочной сети методом угловой засечки.

6. Вычертить проект съемочного обоснования объекта с использованием методов теодолитных ходов и триангуляционных построений.

**Исходные данные:** 1) схема участка в масштабе 1:25000 с границами объекта изысканий и ситуаций.

2) назначение (вид) проектируемого объекта – осушение, культуртехника, КИВР, ОСТ и т. д.

3) масштаб намечаемой топографической съемки – 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

4) предельная относительная погрешность теодолитных ходов ( $1/N$ ) –  $1/3000$ ;  $1/2000$ ;  $1/1000$ ;

5) координаты ( $X$ ,  $Y$ ) исходных пунктов опорной (государственной) геодезической сети (приложение 3).

6) литература [1, 4, 5, 17].

### **Теоретическая часть.**

Съемочное обоснование (или съемочная геодезическая сеть) – это система закрепленных на территории объекта геодезических пунктов (точек) с известными координатами, которая создается путем сгущения геодезической плано-высотной основы до необходимой плотности с целью выполнения топографической съемки требуемого масштаба.

Съемочная сеть развивается от пунктов государственной геодезической сети, сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов, нивелирования IV класса и технического нивелирования.

Пункты сетей съемочного обоснования на мелиоративных и водохозяйственных объектах определяются следующими методами и их сочетанием:

– проложением теодолитных ходов с относительной погрешностью не грубее  $1/2000$ ;

– построением съемочных триангуляционных сетей и цепочек треугольников;

– построением угловых засечек (прямых, обратных, комбинированных) и других геодезических фигур (четыреугольников, центральных систем, вставок в твердый угол и т.п.);

– проложением мензульных ходов и съемочных поперечников;

– проложением нивелирных ходов 4-го класса и технического нивелирования.

Прежде чем приступить к созданию на объекте съемочного обоснования, необходимо составить его проект, на котором намечено положение пунктов съемочной сети, приняты методы ее развития и привязки в зависимости от

конкретных условий. С этой целью студенты индивидуально вычерчивают схему участка в масштабе 1:10000 с ситуацией и опорными исходными пунктами по координатной сетке.

При определении схем развития и привязки съемочной сети необходимо учитывать следующее. Плотность пунктов съемочной сети должна быть достаточной для обеспечения технических требования выполнения топографической съемки. Общее количество съемочных точек (временные, долговременные, исходные) на 1 км<sup>2</sup> должно быть не менее 5, 14, 48 и 80 соответственно для масштабов топосъемки 1:5000; 1:2000; 1:1000 и 1:500.

Одним из основных методов развития съемочной сети в плановом отношении является проложение *теодолитных ходов*, которые могут применяться в открытой и закрытой местности. Допустимая длина теодолитного хода между исходными пунктами зависит от масштаба съемки, значения  $m_s$ , и относительной погрешности длины линии  $1/N$ .

Таблица 3.1. Допустимые длины теодолитных ходов между исходными пунктами съемочного обоснования, км

Масштаб съемки	$m_s = 0,2$ мм (открытая местность)			$m_s = 0,3$ мм (закрытая местность)	
	$\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,0
1:500	0,9	0,6	0,3	–	–

Допускается проложение висячих теодолитных ходов, число сторон которых не должно превышать трех на незастроенной территории и четырех – на застроенной. Длины этих ходов соответственно приведенным в табл. 3.1 масштабам съемки не должны превышать 0,35; 0,20; 0,15; и 0,10 км на незастроенной территории и 0,50; 0,30; 0,20 и 0,15 км – на застроенной.

*Длины сторон* в теодолитных ходах на незастроенной территории должны находиться в пределах 40-350 м, на застроенной – в пределах 20-350 м.

Предельная длина *магистральных* теодолитных ходов, прокладываемых вдоль проектируемых или реконструируемых *линейных* сооружений (каналов, дамб обвалования и т.п.) и рек, не должна превышать 20 км. Длина линий в этих ходах должна быть в пределах 40-1000 м; относительная погрешность ходов – не более 1/1000.

Схемы теодолитных ходов показаны на рис. 3.1.

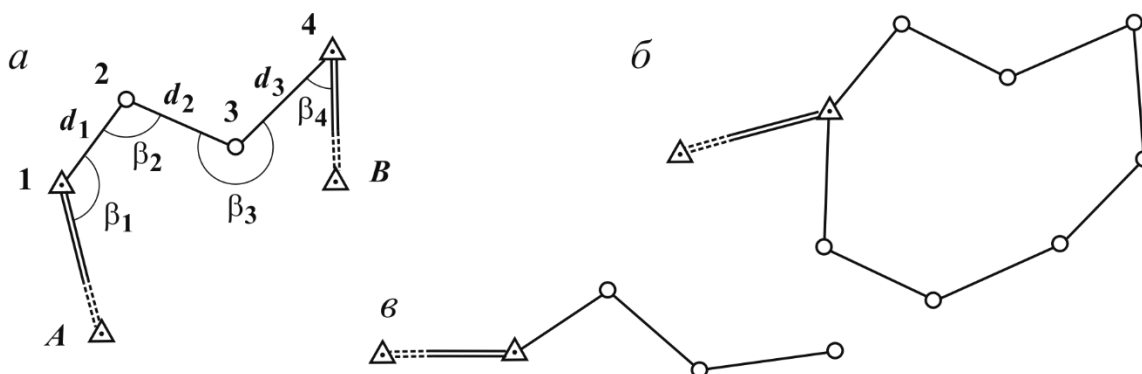


Рис. 3.1. Схемы теодолитных ходов: *a* – разомкнутого; *б* – замкнутого; *в*– висячего

В открытой местности съемочные сети взамен теодолитных ходов могут развиваться методами *триангуляции* в виде несложных сетей треугольников, цепочек треугольников, а также вставок отдельных пунктов, определяемых засечками,

Триангуляционные построения, включающие более двух определяемых пунктов, должны опираться не менее чем на две исходные стороны. В качестве исходных могут служить стороны триангуляции 1-го и 2-го разрядов и полигонометрии, а также специально измеренные с погрешностью не грубее 1/5000 базисной стороны.

Предельное расстояние между исходными пунктами (сторонами), на которые опирается система треугольников, и наибольшее количество последних приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Характеристика триангуляционной съемочной сети

Показатели	Масштаб топоъемки			
	1:5000	1:2000	1:1000	1:500
Предельная длина цепочки треугольников (расстояние между исходными пунктами), км	4,0	2,0	1,2	0,6
Наибольшее количество треугольников между исходными сторонами (пунктами)	20	17	15	10

При построении триангуляционных съемочных сетей *углы* треугольников должны быть не менее  $20^0$ , а длины сторон находиться в пределах 150–500 м.

Возможные схемы развития съемочной сети триангуляционными построениями показаны на рис. 3.2.

При *плановой привязке* съемочного обоснования к исходным пунктам геодезической опоры исходя из конкретных условий объекта и ситуации могут использоваться следующие методы:

– проложение замкнутого теодолитного хода (полигона) при наличии одного исходного пункта;

- проложение разомкнутого теодолитного хода при наличии двух и более исходных пунктов;
- применение триангуляционных построений;
- угловые, линейные и комбинированные засечки;
- решение на местности отдельных геодезических задач при наличии и определении неприступных расстояний.

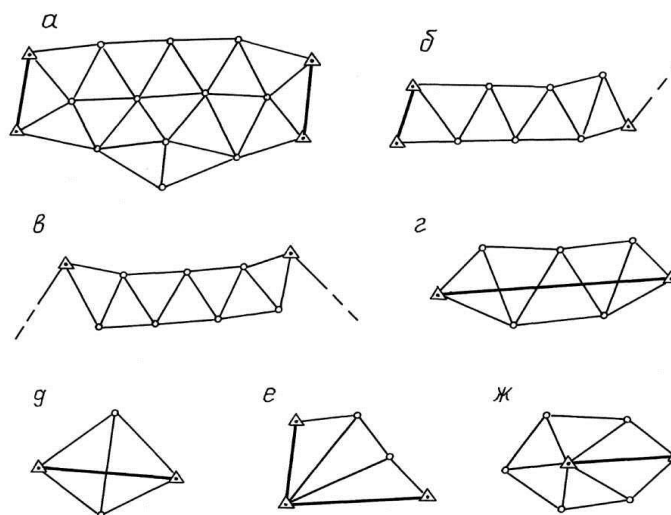


Рис. 3.2. Развитие съёмочной сети триангуляционными построениями:  
*a* - сеть треугольников между двумя исходными сторонами; *б* - цепочка  
 треугольников между стороной и пунктом; *в*, *г* - цепочки треугольников между двумя  
 пунктами; *д* - геодезический четырехугольник; *е* - вставка в угол;  
*ж* - центральная система.

Условные обозначения:  $\Delta$  - исходный пункт;  $\circ$  - определяемая точка;  
 ——— исходная сторона триангуляции; — — — — — односторонние направления

Пример съёмочной геодезической сети приведен на рис. 3.3.

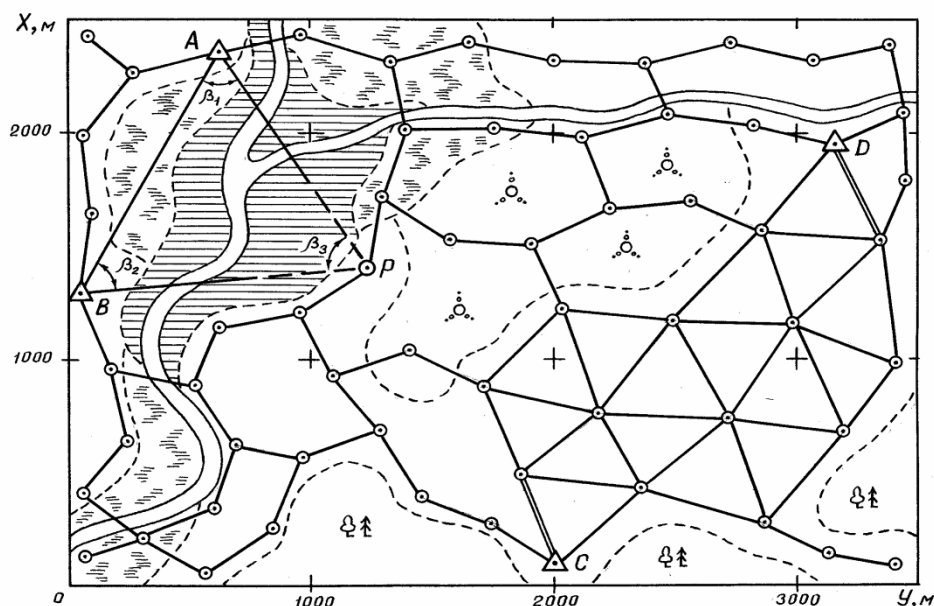


Рис. 3.3. Схема (проект) съёмочного геодезического обоснования площадного  
 объекта изысканий (пример)

*Метод прямой однократной засечки.* Для реализации этого метода с контролем (рис. 3.4) необходимо видеть определяемый пункт Р с трех пунктов исходной сети А, В, С с известными координатами. При этих пунктах измеряются четыре угла:  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ . Углы между смежными направлениями на определяемый пункт должны быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ .

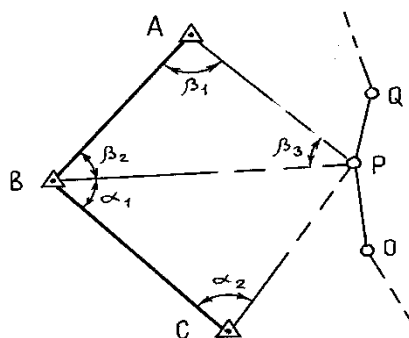


Рис. 3.4. Схема метода прямой однократной засечки

Координаты точки Р теодолитного хода вычисляют по координатам пунктов А и В и измеренным углам  $\beta_1, \beta_2$  с использованием формул котангенсов измеренных углов (формулы Юнга):

$$X_p = \frac{X_A \operatorname{Ctg} \beta_2 + X_B \operatorname{Ctg} \beta_1 - Y_A + Y_B}{\operatorname{Ctg} \beta_1 + \operatorname{Ctg} \beta_2}; \quad (3.1)$$

$$y_p = \frac{Y_A \operatorname{Ctg} \beta_2 + Y_B \operatorname{Ctg} \beta_1 + X_A - X_B}{\operatorname{Ctg} \beta_1 + \operatorname{Ctg} \beta_2}. \quad (3.2)$$

Для контроля правильности вычислений определяются координаты исходного пункта А (по известным координатам пункта В и рассчитанным  $X_p, Y_p$ ) с использованием аналогичных формул и угла

$$\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2).$$

Полный контроль правильности положения пункта Р осуществляется при повторении приведенных выше решений в треугольнике РВС, т.е. координаты пункта Р рассчитываются по координатам пунктов В и С и углами  $\alpha_1, \alpha_2$  с использованием формул 3.1, 3.2.

При наличии на объекте изысканий водоема (пруд, водохранилище) съемочная сеть для него строится согласно схеме, приведенной на рис. 3.5.

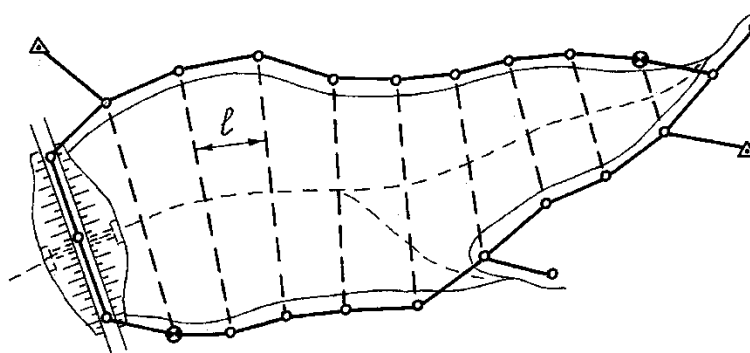


Рис. 3.5. Схема съемки водоема

Схемы развития и привязки съемочного обоснования приведены на рис. 2.8 и в литературе [1, 14].

При проектировании взаимного расположения пунктов съемочной сети необходимо учитывать предельные расстояния от прибора до рейки (табл.3.3), зависящие от технических условий намечаемых в дальнейшем мензурной и тахеометрической съемок участка.

Таблица 3.3. Допустимые расстояния между съемочными и речными точками мензурной и тахеометрической съемок, м

Масштаб	Сечение	Расстоян	Расстояние от прибора до рейки		
			при съемке рельефа	при съемке ситуации	
				четких контуров	нечетких контуров
1:5000	0,5	70/60	250	150	200
	1,0	100/80	300	50	200
	2,0	120/100	350	150	200
1:2000	0,25	20/20	150	100	150
	0,5	50/40	200	100	150
	1,0	70/60	250	100	150
1:1000	0,5	30/20	150	80	100
1:500	0,5	20/15	100	60	80

### Порядок выполнения.

Приступая к проектированию съемочной геодезической сети, необходимо учитывать следующие положения:

- пункты проектируемой сети должны практически равномерно располагаться по всему участку на взаимном расстоянии, обеспечивающем топографическую съемку всей площади;

- при проектировании съемочной сети следует использовать два основных метода – теодолитные ходы и триангуляцию (на относительно меньшей открытой площади).

Практическое проектирование съемочной геодезической сети рекомендуется в следующем порядке.

1. Наметьте окружной теодолитный ход по периметру объекта на расстоянии 100–200 м от внешней границы участка с привязкой к опорным пунктам государственной сети. Указанное расстояние соответствует радиусу предполагаемой топографической съемки, для которой создается съемочная сеть.

2. Проложить теодолитные ходы вдоль всех линейных элементов объекта (дороги, каналы, реки) и границ элементов ситуации (кустарник, болото, здания и пр.).

3. При наличии водоема (пруд, водохранилище) запроектировать сеть для его съемки по известной схеме поперечников с последующим ее включением в общую окружающую сеть.

4. На относительно небольшом участке открытой местности запроектировать триангуляционную сеть, опирающуюся на исходные (2 или 1) пункты государственной сети.

5. На свободных участках остальной территории объекта проложить промежуточные диагональные теодолитные ходы, создающие отдельные небольшие полигоны (диаметром не более 400–500 м).

6. Выполнить передачу координат методом прямой угловой засечки на один из намеченных пунктов съёмочной сети с использованием двух опорных (исходных) пунктов по схеме, приведенной на рис. 3.4.

### Пример выполнения упражнения.

На ситуационный план объекта изысканий (рис. 3.3) наносим исходные пункты государственной геодезической сети (А, В, С, D) по их координатам (приложение 1). Между указанными пунктами намечаем окружные теодолитные ходы (по периметру участка).

Далее намечаем теодолитные ходы вдоль всех характерных линий ситуации (границы контуров леса, кустарника, болота; линейные объекты: река, дорога и т.п.). На открытой местности между пунктами С и D строим триангуляционную сеть, соблюдая указанные выше длины сторон. После этого прокладываем на схеме связующие теодолитные ходы, образующие в итоге съёмочную геодезическую сеть необходимой (для выполнения предполагаемой топоъёмки) плотности.

Намечаем положение пункта Р для определения его координат методом прямой угловой засечки (из треугольника ВАР) и включаем его в съёмочную сеть.

Для приближенного определения плановых координат пункта Р используем следующие исходные данные:  $X_A = 2358$  м;  $Y_A = 626$  м;  $X_B = 1285$  м;  $Y_B = 49$  м;  $\beta_1 = 61^\circ$ ;  $\beta_2 = 56^\circ$  (углы измеряются транспортиром). Используя формулы (3.1) и (3.2), получим:

$$X_P = \frac{2358 \cdot \text{Ctg } 56^\circ + 1285 \cdot \text{Ctg } 61^\circ - 626 + 49}{\text{Ctg } 61^\circ + \text{Ctg } 56^\circ} = 1403 \text{ м};$$

$$Y_P = \frac{626 \cdot \text{Ctg } 56^\circ + 49 \cdot \text{Ctg } 61^\circ + 2358 - 1285}{\text{Ctg } 61^\circ + \text{Ctg } 56^\circ} = 1239 \text{ м}.$$

Для контроля правильности вычислений проверим координаты пункта А по рассчитанным координатам пункта Р, координатам пункта В и углам  $\beta_2$  и  $\beta_3$  ( $\beta_3 = 180 - \beta_1 - \beta_2 = 63^\circ$ ).

$$\begin{aligned} X_A &= \frac{X_B \cdot \text{Ctg } \beta_3 + X_P \cdot \text{Ctg } \beta_2 - Y_B + Y_P}{\text{Ctg } \beta_2 + \text{Ctg } \beta_3} = \\ &= \frac{1285 \cdot \text{Ctg } 63^\circ + 1403 \cdot \text{Ctg } 56^\circ - 49 + 1239}{\text{Ctg } 56^\circ + \text{Ctg } 63^\circ} = 2358 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$Y_A = \frac{Y_B \cdot \text{Ctg } \beta_3 + Y_P \cdot \text{Ctg } \beta_2 + X_B - X_P}{\text{Ctg } \beta_2 + \text{Ctg } \beta_3} =$$

$$\frac{49 \cdot \text{Ctg } 63^\circ + 1239 \cdot \text{Ctg } 56^\circ + 1285 - 1403}{\text{Ctg } 56^\circ + \text{Ctg } 63^\circ} = 626 \text{ м.}$$

Вычисленные координаты пункта А совпали с его исходными значениями, что говорит о правильности расчетов координат пункта Р.

Запроектированную в итоге съемочную геодезическую сеть вычерчивают на плане в закрепленном виде (тушью или шариковой ручкой) согласно принятым условным обозначениям, приведенным в приложении 2.

### Контрольные вопросы

1. Почему геодезическое обоснование площадного объекта называется съемочным?
2. В каких условиях при создании съемочной сети применяется триангуляция?
3. Назовите основные параметры теодолитных ходов и триангуляционных сетей при создании плановой съемочной сети.
4. В чем состоит метод прямой угловой засечки?
5. От каких факторов зависит предельная длина теодолитных ходов съемочной сети?

### Практическая работа № 4

#### ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СХЕМ ПОЛЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРУНТОВ

**Цель** – ознакомиться с составом и изучить схемы полевых методов исследований грунтов при проведении инженерно-геологических изысканий для строительства.

**Основные задачи:**

1. Изучить цель, необходимость и состав полевых методов исследований грунтов.
2. Освоить сущность методов испытания штампом, статического и динамического зондирования, прессиометрии, испытания грунта на сдвиг (срез) в шурфах и скважинах.
3. Вычертить принципиальные схемы указанных методов и изучить графики, выполняемые по результатам их проведения.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,6,9], конспект лекций, плакаты и ксерокопии схем изучаемых методов.



### Теоретическая часть.

*Полевые методы* исследований механических свойств грунтов позволяют изучать большие по объему образцы пород *ненарушенной структуры* непосредственно в условиях будущего строительства объекта.

Наиболее важные характеристики грунтов, определяемые при полевых испытаниях и необходимые для уточнения расчета основания сооружений, – это сопротивление грунта *сжатию и сдвигу*. Для исследования этих характеристик применяют такие методы, как испытание штампом, статическое и динамическое зондирование, испытание на поступательный и вращательный срез, прессиометрия и др.

*Испытание штампом* производят для определения модуля деформации (сжимаемости) грунта ( $E$ , МПа) и выяснения его просадочных свойств при замачивании. Исследования могут проводиться в шурфах, котлованах или скважинах глубиной до 15 м, диаметром не менее 219 – 325 мм, обсаженных трубами.

В шурфах (рис. 4.1) применяют штампы в виде квадратных или круглых металлических плит площадью 5000 см<sup>2</sup>, а в скважинах – в виде круга площадью 600 см<sup>2</sup>. Для нагружения штампа используется специальная платформа или гидравлический домкрат, развивающий усилие до 20 – 100 т.

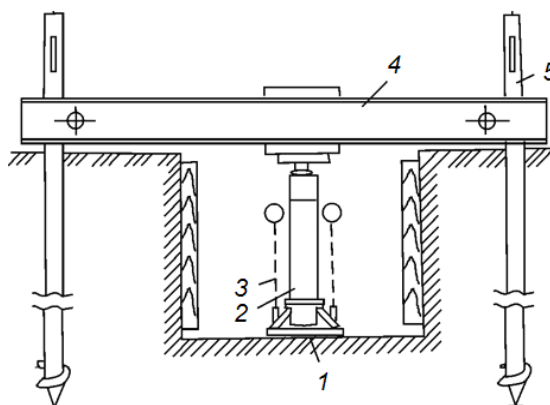


Рис. 4.1. Схема испытания грунта штампом в шурфе:  
1 – штамп; 2 - гидравлический домкрат; 3 – измерительное устройство осадки;  
4 - траверса; 5 - винтовая свая

Нагрузка на штамп дается ступенями с последовательным возрастанием удельной нагрузки на величину от 0,25 до 1 кг/см<sup>2</sup>. Каждое последующее нагружение делается после стабилизации осадки. Считается, что стабилизация достигнута, если приращение осадки за сутки составило не более 1 мм.

Осадку измеряют с точностью до 0,1 – 0,2 мм с помощью нивелира, прогибомера и других приборов. Разгружают платформу штампа также ступенями с определением упругой отдачи грунта.

На основании полевых испытаний составляют график зависимости осадки ( $S$ , мм) от удельной нагрузки ( $P$ , МПа) на штамп. Пример графика приведен на рис. 4.2.

В обработку включают только данные графика, где наблюдается примерно пропорциональное изменение  $S$  и  $P$ , т.е. выделяют его линейный участок. Модуль деформации грунта ( $E$ , МПа) для нужного интервала давлений находят по формуле

$$E = 0,78 (1 - \nu^2) D \frac{\Delta P}{\Delta S}, \quad (4.1)$$

где  $\Delta P$  – приращение удельного давления на штамп, МПа;  
 $\Delta S$  – приращение осадки штампа, соответствующее  $\Delta P$ , см;  
 $D$  – диаметр штампа, см;  
 $\nu$  – коэффициент поперечного расширения Пуассона.

Для различных грунтов значение  $\nu$  в среднем принимают следующим: для крупнообломочных – 0,27; для песков и супесей – 0,30; для суглинков – 0,35; для глин – 0,42.

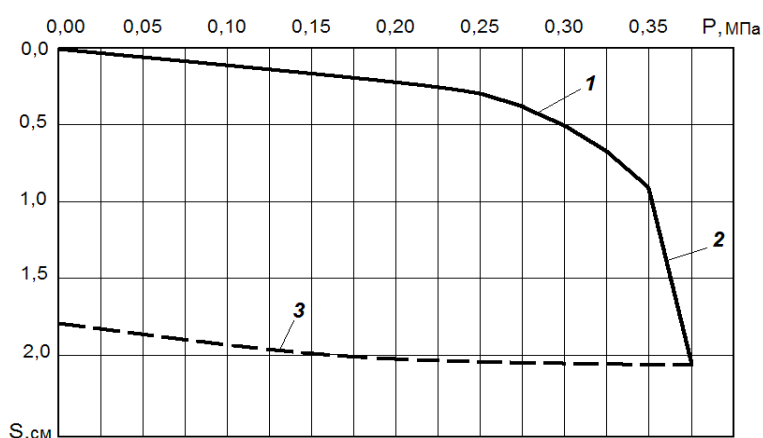


Рис. 4.2. График зависимости осадки грунта  $S$  от удельной нагрузки  $P$  на штамп:  
 1 – зона стабилизации осадки, 2 – зона критической нагрузки,  
 3 – упругая отдача грунта при разгрузке штампа

При испытании грунтов необходимо, чтобы толщина слоя однородного грунта под штампом  $h_i$  была не менее двух его диаметров.

Определив модуль деформации грунта  $E_i$  для каждого из  $n$  слоев, на которые разбита толща основания, и зная мощность этих слоев  $h_i$  (см), а также среднее удельное давление  $P_i$  (МПа), передаваемое фундаментом, вычисляют общую осадку  $S_0$  (см)

$$S_0 = \sum_{i=1}^n P_i h_i \frac{\beta}{E_i}, \quad (4.2)$$

где  $\beta_i$  – безразмерный коэффициент, равный для песков – 0,76; для супесей – 0,72; для суглинков – 0,57; для глин – 0,43.

*Статическое и динамическое зондирование (пенетрация)* основаны на свойстве грунтов оказывать сопротивление внедрению в них наконечников различных форм и размеров.

При статическом зондировании характеристикой плотности и прочности пород служит усилие, необходимое для вдавливания зонда на определенную глубину.

На практике для статического зондирования применяют самоходные установки СПК – пенетрационно-каротажные станции (рис. 4.3).

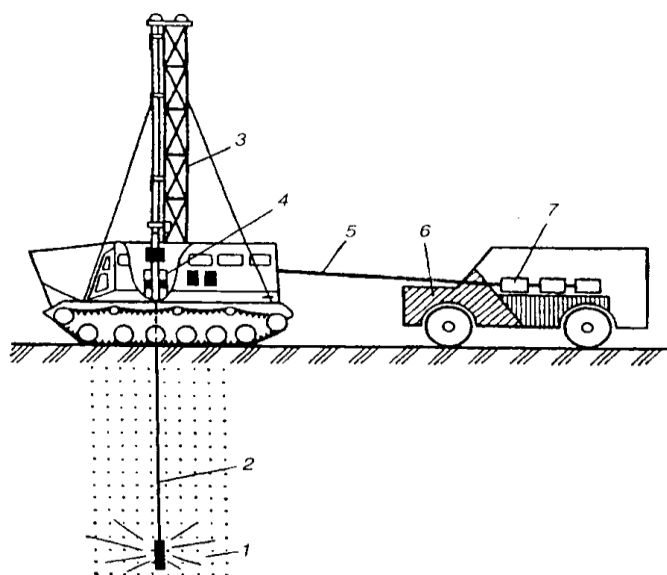


Рис. 4.3. Пенетрационно-каротажная станция: 1 – зонд-датчик; 2 – штанга; 3 – мачта; 4 – гидроцилиндр; 5 – канал связи; 6 – аппаратная станция; 7 – пульт управления

Пенетрация мягких связных пород производится до глубины 25 м со скоростью вдавливания штанг до 4 м в минуту. Для испытания используют установки различных конструкций, но со стандартным зондом (наконечник диаметром 36 мм, с углом раскрытия конуса  $60^\circ$ , на штангах диаметром 36 мм).

Зонд установки снабжен тензометрическим наконечником, в котором расположены чувствительные элементы, обеспечивающие, в зависимости от конструкции установки, замер сопротивления грунта конусу зонда, трения по боковой поверхности чувствительной части наконечника и отклонения наконечника зонда от вертикали (с помощью инклинометра).

В настоящее время применяются установки статического зондирования грунта (УЗК-15) на базе вездеходного шасси автомобиля КамАЗ, на автомобиле (УСЗ 15/36А), либо на вездеходе (УСЗ 15/36Г).

Используемая в ПРУП "Геосервис" Установка Geomil 200 кН на базе тяжелых грузовиков обеспечивает проведение оперативного и высококачественного статического зондирования в различных условиях. Сила давления от 120 кН до 200 кН.

При статическом зондировании по данным измерения сопротивления грунта определяют удельное лобовое сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда  $q_c$  (МПа) и удельное трение грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда  $f_s$  (кПА).

Результаты статического зондирования грунта с полученными измерениями представляют в виде графиков изменения величин удельного лобового сопротивления и удельного трения грунта по исследуемой глубине (рис. 4.4)

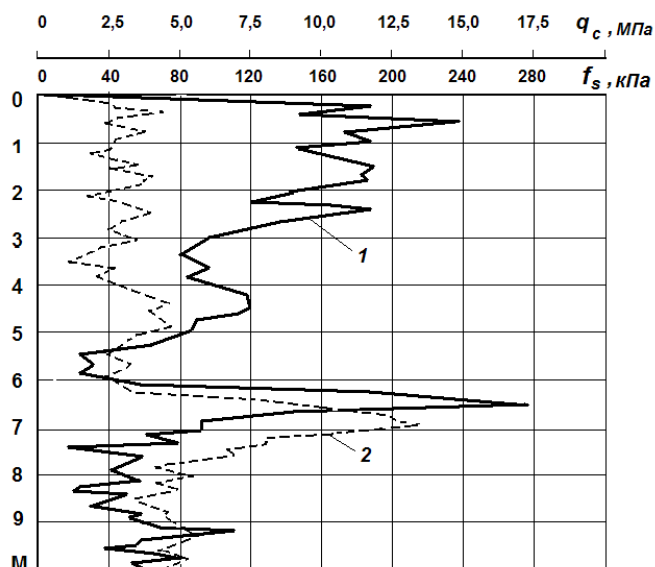


Рис. 4.4. Графики результатов статического зондирования грунта:  
 1 – удельное лобовое сопротивление; 2 – удельное трение по боковой поверхности

Метод *динамического зондирования* как полевой метод исследования грунтов основан на определении их сопротивления внедрению зонда под действием динамической нагрузки. При динамическом зондировании рыхлых средне- и крупнообломочных грунтов (галечник, гравий и др.), а также песчано-глинистых грунтов характеристикой их плотности и прочности является число стандартных ударов молота (*залог*), необходимое для забивки зонда на определенную глубину.

Для испытаний грунтов динамическим зондированием применяются установки, состоящие из следующих основных узлов: зонда (разъемной трубы – штанги с коническим наконечником); ударного устройства (молота или беспружинного вибромолота); опорной рамы с направляющими стойками; измерительного устройства.

При забивке молот определенного веса падает с постоянной высоты. Зонд имеет форму конуса диаметром 74 мм с углом при вершине 60°.

Динамическое зондирование выполняют последовательно, забивая свободно падающим молотом зонд в грунт. Одновременно ведётся замер осадок зонда после нанесения нескольких ударов. Число ударов зависит от грунта и выбирается в диапазоне 1–20. Для рыхлых песчано-глинистых пород оно не превышает 5. Динамическое зондирование прекращают когда достигнута заданная глубина или когда погружение зонда незначительно (меньшее 2–3 см за десять ударов).

По результатам динамического зондирования вычисляют условное динамическое сопротивление грунта погружению стандартного зонда ( $R_d$ , МПа, кгс/см<sup>2</sup>).

Условное динамическое сопротивление вычисляют по формуле

$$P_d = AK\Phi \frac{n}{h}, \quad (4.3)$$

где  $A$  – удельная энергия зондирования (Н/см, кгс/см), для лёгких установок  $A = 280$  Н/см, для средних – 1120 Н/см, для тяжёлых – 2800 Н/см;

$K$  – табличный коэффициент, определяющий потери энергии при ударе молота в зависимости от типа установки и глубины зондирования (принимается в пределах 0,25–0,72);

$\Phi$  – коэффициент, определяющий потери энергии на трение штанг о грунт; равен 1 при крутящем моменте меньше 5 кНсм; определяется опытным путём, когда крутящий момент колеблется от 5 до 15 кНсм.

$n$  – количество ударов в залеге;

$h$  – глубина погружения зонда за залог, см.

Результаты динамического зондирования оформляют в виде непрерывного ступенчатого графика (рис. 4.5).

На графике приводят изменения значений условного динамического сопротивления  $P_d$  по глубине. Далее график усредняют. По усреднённому графику определяют средневзвешенные показатели зондирования для каждого инженерно-геологического элемента (ИГЭ).

Параллельно на график наносят число ударов ( $n$ ) нарастающим итогом. Графики совмещают с инженерно-геологическими колонками горных выработок, расположенных не далее 5 м от точки зондирования.

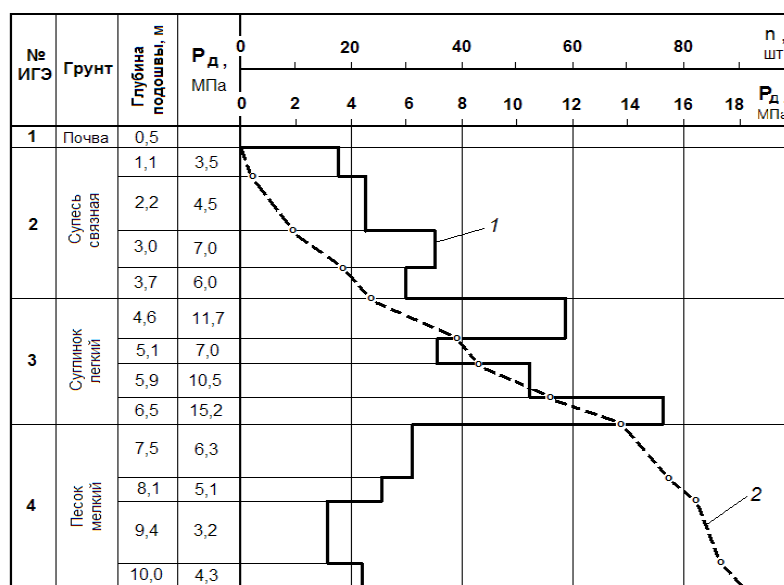


Рис. 4.5. Графики результатов динамического зондирования грунта: 1 – условное динамическое сопротивление; 2 – число ударов (залог) нарастающим итогом

Метод *прессиометрии* применяют в буровых скважинах для определения модуля деформации изотропных песчано-глинистых пород. При этом измеряют осадку породы в стенке скважины под действием давления, создаваемого с помощью прессиометра (рис. 4.6).

Вода или воздух накачивается в резиновые камеры прессиометра, которые передают измеряемое давление на грунты стенок скважин.

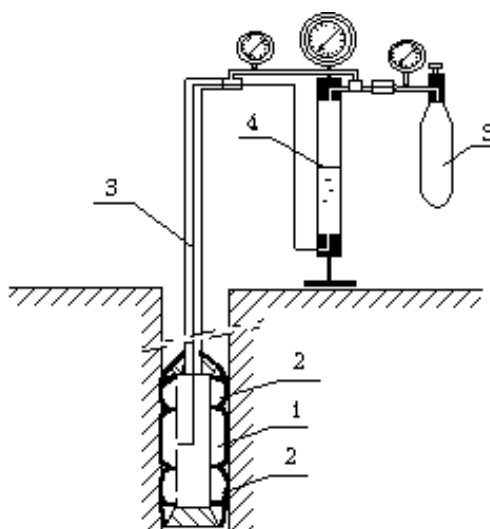


Рис. 4.6. Схема испытания грунта прессиометром:  
1 - рабочая камера; 2 - предохраняющая камера; 3 - шланг;  
4 - измерительное устройство; 5 - баллон со сжатым воздухом

В результате испытаний получают график зависимости приращения радиуса скважины  $r$  от давления  $P$  на ее стенки (рис. 4.7).

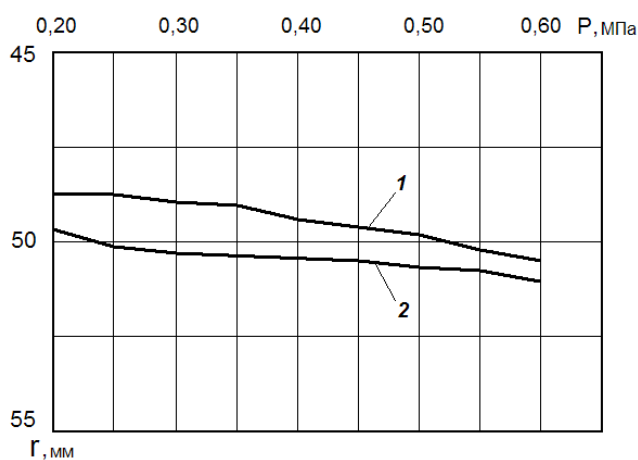


Рис. 4.7. График зависимости приращения радиуса скважины  $r$  от давления  $P$ :  
1 – на глубине скважины 13 м, 2 – на глубине скважины 15 м

Модуль деформации ( $E$ , МПа) получают на участке линейной зависимости  $r = f(P)$  по формуле

$$E = Kr_0 \frac{\Delta P}{\Delta r}, \quad (4.4)$$

где  $r_0$  – начальный радиус скважины, мм;

$\Delta r$  – приращение радиуса (мм), соответствующее приращению давления  $\Delta P$ , МПа;

$K$  – коэффициент, зависящий от глубины испытания грунта  $h$

(при  $h < 5$  м  $K = 3$ ; при  $h = 5-10$  м  $K = 2$ ; при  $h = 10-20$  м  $K = 1,5$ ).

Испытания грунта на сдвиг (срез) имеют особое значение для сооружений, обладающих в определенной степени тенденцией к сдвигу, например мостов, плотин. Исследования могут вестись в шурфах (поступательный срез) и скважинах (кольцевой, поступательный и вращательный срез крыльчаткой).

В первом случае в дно шурфа (рис. 4.8) вдавливают стальное кольцо I диаметром около 40 см и грунт с внешней стороны кольца убирают. После этого в шурфе устанавливают два домкрата, из которых домкрат 4 создает вертикальную нагрузку – обжимает грунт, а домкрат 3 создает сдвигающее усилие.

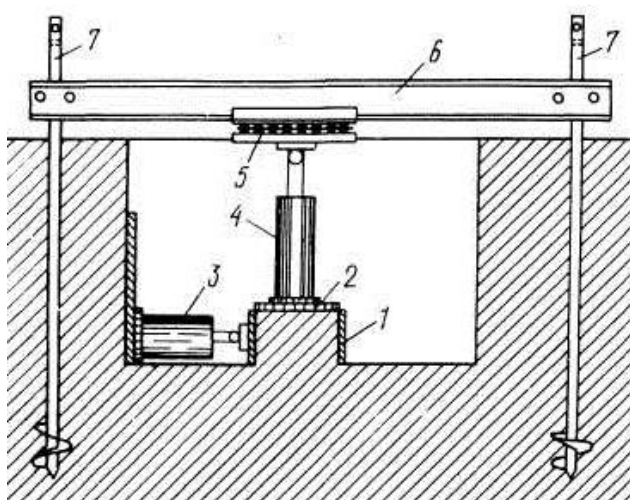


Рис. 4.8. Схема испытания грунта на сдвиг:

- 1 – стальное кольцо; 2 – штамп; 3 – домкрат, создающий сдвигающее усилие;  
4 – домкрат, создающий вертикальную нагрузку; 5 – стабилизатор вертикальной нагрузки; 6 – траверса; 7 – винтовая свая

Нормальные нагрузки на целик породы дают ступенями по 0,2 – 0,5 кг/см<sup>2</sup>, с выдержкой каждой ступени не менее 15 – 30 мин, пока не доведут ее до требуемого значения (равного удельному давлению от сооружения). Сдвигающее усилие также дается ступенями, с меньшей выдержкой во времени. Момент, когда сдвигающее усилие преодолевает силы трения и сцепления в грунте, фиксируется резким падением давления в манометре домкрата 2. Испытания заканчивают, когда кольцо оказывается смещенным на 2 – 3 см.

Такие испытания необходимо провести на 3–4 целиках однородного грунта, но при разных значениях нормальной нагрузки. По результатам испытаний строят график зависимости сдвигающих усилий от нормальной нагрузки, по которому затем находят угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление грунта  $C$ .

Полевое определение характеристик  $\varphi$  и  $C$  в стенках буровой скважины проводится методами *кольцевого, поступательного и вращательного (крыльчаткой) срезов*. Схемы этих испытаний приведены на рис. 4.9.

В методе кольцевого среза используется распорный штамп с продольными лопастями; в методе поступательного среза – с поперечными лопастями.

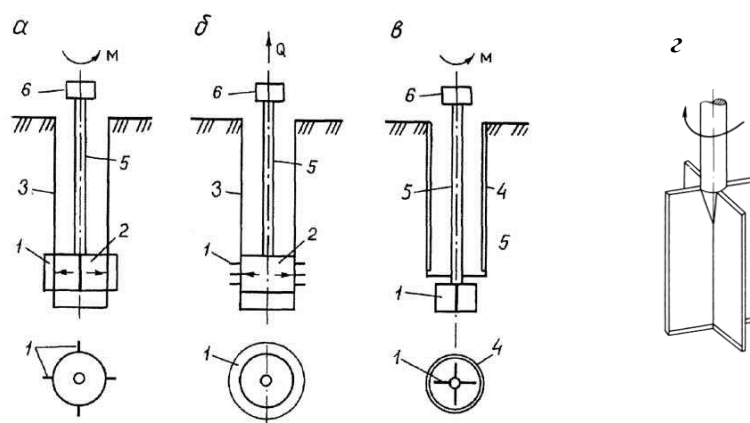


Рис. 4.9. Схемы испытания грунта в скважинах на срез:  
 а) кольцевой; б) поступательный; в) вращательный крыльчаткой; з) крыльчатка;  
 1 – лопасти; 2 – распорные штампы; 3 – стенки скважин; 4 – обсадная труба;  
 5 – штанги; 6 – устройство для создания и измерения усилия

С помощью распорного штампа лопасти вдавливаются в стенки скважины с определенным нормальным давлением  $P$ . В первом случае грунт срезается вследствие приложения крутящего момента  $M$ , а во втором – за счет вертикального усилия  $Q$ . Для получения  $\phi$  и  $C$  проводят не менее трех срезов при различных  $P$  и строят график зависимости  $\tau = f(P)$ .

Метод вращательного среза крыльчаткой рекомендуется для водонасыщенных и слабых пылевато-глинистых, а также биогенных грунтов (илов, сапропелей и болотных грунтов), для которых  $\phi \approx 0$  и можно принять  $\tau = C$ . Испытания проводят на глубинах до 20 м крыльчаткой, вдавливаемой в забой скважины ниже обсадных труб (рис. 4.9, в, з).

**Порядок выполнения.** На основе изложенного выше теоретического материала и данных литературы [1, 6, 9] в рабочей тетради формулируется цель и необходимость выполнения полевых методов исследований грунтов, перечисляются их основные виды.

Далее кратко излагается сущность методов испытания штампом, статического и динамического зондирования, прессиометрии, испытания грунта на сдвиг (срез) в шурфах и скважинах. При этом вычерчиваются принципиальные схемы указанных методов и изучаются графики, приведенные на рис. 4.2, 4.4, 4.5, 4.7.

### Контрольные вопросы

1. Какие основные характеристики грунтов изучаются в полевых методах исследований грунтов ?
2. Назовите стандартные размеры штампов, применяемых в шурфах и буровых скважинах.
3. Какие показатели являются характеристикой плотности и прочности пород при выполнении статического и динамического зондирования грунтов?



4. Какие виды испытания грунта на срез применяются в буровых скважинах ?

## Практическая работа № 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТА ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ ОТКАЧКИ ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ

**Цель** – освоить методы опытно-фильтрационных работ и расчетов коэффициента фильтрации грунта по данным откачек воды из скважин.

**Основные задачи:**

1. Изучить цель и методы опытно-фильтрационных работ при изысканиях для мелиоративного и сельскохозяйственного строительства.
2. Изучить виды откачек воды из скважин, условия их применения и вычертить соответствующие принципиальные схемы.
3. Выполнить расчет коэффициента фильтрации грунта по опытным данным откачки воды из скважины.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,6,18], конспект лекций, плакаты и табличные опытные данные по восстановлению уровня воды в скважине после откачки в зависимости от времени.

**Теоретическая часть.**

В состав полевых гидрогеологических изысканий входят *опытно-фильтрационные работы* для определения фильтрационных и емкостных показателей почвогрунтов и пород.

К таким показателям относятся коэффициенты фильтрации, водопроницаемости, уровнепроницаемости (пьезопроницаемости), водоотдачи, перетекания, недостатка насыщения.

Основными видами полевых опытно-фильтрационных работ по установлению водопроницаемости грунтов являются:

- *откачки* подземных вод из скважин – для грунтов зоны водонасыщения;
- *наливы* воды в шурфы и скважины – для ненасыщенных грунтов зоны аэрации;
- *нагнетания* воды в скважины – для ненасыщенных трещиноватых и закарстованных грунтов.

*Коэффициент фильтрации* ( $K_f$ , м/сут) является важнейшим показателем, используемым в расчетах при проектировании гидросооружений. Различные способы его определения дают разную точность, которая зависит от выбранной схемы опыта, технических причин (нарушения структуры грунта при опыте) и от объема грунта, охваченного опытом. Так, например, при кустовой откачке в опыт вовлекается  $10^2 - 10^5$  м<sup>3</sup> грунта, при наливе в скважину или при экспресс-откачке – 1–10 м<sup>3</sup>, а при наливе в шурф – всего 0,1–0,5 м<sup>3</sup>. Вместе с тем экспресс-откачки и наливки значительно оперативнее и дешевле кустовых откачек, что обуславливает их широкое практическое применение при изысканиях.

*Откачки воды из скважин* делятся на следующие виды:

*экспресс-откачки* – проводятся из одиночной скважины продолжительностью до 0,5 сут для ориентировочной оценки водопроницаемости пород;

*пробные* – из одиночной скважины продолжительностью 0,5–2,0 сут для предварительной оценки водопроницаемости пород и химического состава подземных вод в вертикальном разрезе и по площади;

*опытные одиночные* – продолжительностью до 3 – 5 сут (при необходимости до 12 и более суток) для определения приближенных значений  $K_f$ , удельного дебита и зависимости дебита от понижения, определения изменения химического состава подземных вод в процессе откачки;

*опытные кустовые* – продолжительностью свыше 3 – 5 до 18 – 30 сут для установления расчетных гидрогеологических параметров (коэффициентов фильтрации, водоотдачи, уровнепроводности, перетекания) и изменения химического состава подземных вод;

*опытно-эксплуатационные* – из одиночной или группы скважин продолжительностью свыше 30 сут для установления закономерностей изменения уровней и химического состава подземных вод, дебита скважин, а также для опытно-производственного водопонижения при обосновании проектов дренажа.

*Экспресс-методы* основаны на фиксации кратковременных колебаний уровня воды в скважинах при откачках или наливах. Их целесообразно применять при изучении фильтрационных характеристик пород с относительно небольшой водопроницаемостью ( $K_f = 0,01 – 5$  м/сут). В сильнофильтрующих грунтах применение этих методов затруднительно из-за большой скорости восстановления уровня.

По конструкции скважин при производстве опыта экспресс-методы делятся на три группы: опыт в незакрепленных скважинах; в обсаженных скважинах с фильтром; в обсаженных скважинах без фильтра (через дно).

В первом случае скважина должна иметь устойчивые стенки и заглубляться не менее чем на 0,4–0,6 м ниже статического уровня грунтовых вод. Для проведения опыта (рис. 3.10) в скважине очень быстро создается начальное понижение уровня  $S_0$  почти до дна, после чего проводятся наблюдения за восстановлением уровня в ней  $S_t$  через 1–5 мин в начале опыта и 20–30 мин в конце.

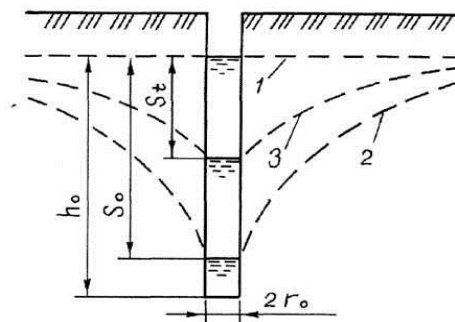


Рис. 5.1. Схема экспресс-откачки из скважины:

- 1 – статический уровень грунтовых вод; 2 – начальное понижение УГВ;  
3 – положение УГВ при его восстановлении

По результатам наблюдений устанавливают зависимость восстановления уровня  $S_t$  от времени  $t$  и строят график связи  $\lg(S_0/S_t) = f(t)$ . Данный график должен иметь прямолинейный вид, а в противном случае его следует осреднять прямой в интервале  $(0,2-0,8)S_0$ . Тангенс угла наклона  $\varphi$  прямой графика определяют по зависимости

$$\operatorname{tg} \varphi = \left( \lg \frac{S_0}{S_t} \right) / t, \quad (5.1)$$

где  $S_0$  и  $S_t$  – начальное и текущее понижение уровня воды, м.

Данная зависимость используется при вычислении  $K_\phi$  (м/сут) по различным формулам. Для условий однородных грунтов и безнапорных вод применяются формулы К. Я. Кожанова и Г. Д. Эркина:

$$K_\phi = \frac{m(h_0 - r_0)r_0^2}{h_0^2} \operatorname{tg} \varphi; \quad (5.2)$$

$$K_\phi = \frac{3,5r_0^2}{h_0 + 2r_0} \operatorname{tg} \varphi, \quad (5.3)$$

где  $h_0$  – расстояние от статического уровня до дна скважины, м;

$r_0$  – радиус скважины, м;

$m$  – коэффициент, зависящий от радиуса скважины  $r_0$ ;

$$m = 1\sqrt{r_0};$$

$h_0$  – глубина воды в скважине, м.

*Опытные одиночные* откачки позволяют определить удельный дебит скважины и его зависимость от понижения. Коэффициент фильтрации рассчитывается приближенно, поскольку радиус влияния скважины принимается косвенным путем (по таблицам или формулам). Наблюдения и расчеты проводятся на несколько ступеней понижения.

Для условий совершенной скважины и безнапорного водоносного пласта мощностью  $H$  (м) коэффициент фильтрации рассчитывается по известной формуле Ж. Дюпюи

$$K_\phi = \frac{0,732 Q (\ell gR - \ell gr_0)}{S_0 (2H - S_0)}, \quad (5.4)$$

где  $Q$  – дебит скважины, м<sup>3</sup>/сут;

$R$  и  $r_0$  – радиусы влияния и фильтра скважины, м.

В условиях напорного водоносного пласта мощностью  $m$  формула Ж. Дюпюи имеет вид

$$K_\phi = \frac{0,366 Q (\ell gR - \ell gr_0)}{mS_0}. \quad (5.5)$$

*Опытные кустовые* откачки дают наиболее точные и надежные данные о коэффициенте фильтрации и других гидрогеологических параметрах (показателях). Однако ввиду высокой стоимости и сложности их применения при изысканиях мелиоративных объектов пока ограничено и должно иметь

технико-экономическое обоснование. При кустовом размещении скважин центральная (возмущающая) оборудуется насосом, а наблюдательные – приборами для измерения понижений уровня.

Устья всех скважин нивелируется. Количество и схема расположения наблюдательных скважин зависит от гидрогеологических условий и задач изысканий на объекте.

Произведя замер уровней воды во всех скважинах, насосом из центральной скважины начинают откачивать воду, изменяя положение статического уровня скважин. Откачка ведется не менее 3 – 5 сут до достижения установившегося режима, т.е. стабилизации динамических уровней в скважинах. Для получения надежных данных и зависимости дебита  $Q$  от понижения откачку выполняют несколько раз на различные величины понижения  $S_0$ . При каждом определении  $K_\phi$  используются понижения уровня в двух наблюдательных скважинах  $S_1$  и  $S_2$  при данном установившемся режиме (рис.5.2).

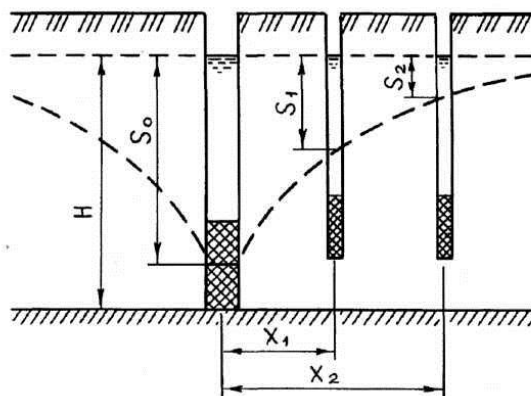


Рис. 5.2. Схема кустовой откачки для совершенной центральной скважины и безнапорных вод

Для условий совершенной центральной скважины расчет проводится по формулам Ж.Дюпюи.

Безнапорные воды:

$$K_\phi = \frac{0,732 Q \ell g (X_2 / X_1)}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} ; \quad (5.6)$$

Напорные воды:

$$K_\phi = \frac{0,336 Q \ell g (X_2 / X_1)}{m(S_1 - S_2)} , \quad (5.7)$$

где  $H, m$  – мощность безнапорного и напорного пластов, м;

$X_1, X_2$  – расстояния от центральной скважины до первой и второй наблюдательных, м.

*Наливы в шурфы* применяются для определения фильтрационных свойств ненасыщенных однородных изотропных грунтов верхней части зоны аэрации. При этом глубина залегания уровня грунтовых вод от дна шурфа должна быть

больше суммы высоты капиллярного поднятия и возможной мощности зоны опытного промачивания.

По результатам опытно-фильтрационных работ кроме  $K_{\phi}$  определяется ряд других важных гидрогеологических параметров. Кустовые откачки позволяют определить коэффициенты водоотдачи  $\mu$ , упругой водоотдачи  $\mu'$ , уровнепроводности  $a$ , пьезопроводности  $\alpha$ , перетекания  $B$ .

*Коэффициент водоотдачи* характеризует количество стекшей (гравитационной) воды от полной  $W_{\Pi}$  до равновесной  $W_P$  влагоемкости, выраженное в долях от объема грунта

$$\mu = \beta_{\Pi}^{об} - \beta_P^{об}, \quad (5.8)$$

где  $\beta_{\Pi}^{об}$ ,  $\beta_P^{об}$  – влажность грунта при полной и равновесной влагоемкости в долях его объема.

*Коэффициент упругой водоотдачи* выражает емкостные свойства напорного водоносного пласта и определяется зависимостью

$$\mu' = \frac{\Delta V_y}{\Delta H}, \quad (5.9)$$

где  $\Delta V_y$  – изменение упругого объема воды в единичном элементе потока при изменении напора в нем на  $\Delta H$ .

*Коэффициент уровнепроводности* характеризует скорость распространения колебаний уровня грунтовых вод при его изменении

$$a = \frac{K_{\phi} m}{\mu} = \frac{T}{\mu}, \quad (5.10)$$

где  $m$  – мощность водоносного пласта, м;

$T = K_{\phi} m$  – коэффициент водопроводимости пласта, м<sup>2</sup>/сут.

*Коэффициент пьезопроводности* отражает скорость перераспределения пьезометрического давления в напорном пласте мощностью  $m$ .

$$a = \frac{K_{\phi} m}{\mu'} = \frac{T}{\mu'}. \quad (5.11)$$

*Коэффициент перетекания* характеризует интенсивность перетекания воды из основного водоносного горизонта через слабопроницаемые пласты.

$$B = \sqrt{\frac{K_{\phi} m}{K_1 / m_1 + K_2 / m_2}}, \quad (5.12)$$

где  $K_{\phi} m$  – водопроводимость основного горизонта, м<sup>2</sup>/сут;

$K_1, K_2$  – коэффициенты фильтрации перекрывающего и подстилающего слоев;

$m_1, m_2$  – мощность этих слоев, м.

При проведении опытно-фильтрационных работ вблизи рек и озер необходимо учитывать гидравлическое сопротивление днищ водоемов ввиду их закольматированности.

### Порядок выполнения.

При изучении видов и условий применения откачек воды из скважин вычерчиваются их соответствующие принципиальные схемы.

Расчет коэффициента фильтрации грунта  $K_{\Phi}$  в данном упражнении необходимо выполнить для условий экспресс-откачки по опытным данным одного из вариантов, приведенных в табл. 5.1 и 5.2.

В расчетах используется формула Г. Д. Эркина (5.3).

Заменяя в этой формуле радиус скважины  $r_0$  на ее диаметр  $d_0$ , получим расчетную зависимость для  $K_{\Phi}$  в следующем виде

$$K_{\Phi} = \frac{0,875 d_0^2}{h_0 + d_0} \operatorname{tg} \varphi . \quad (5.12)$$

С учетом размерностей опытных данных, используемых в расчетах, в формулах (5.12) и (5.1) все линейные размеры ( $d_0, h_0, S_0, S_t$ ) подставляются в см, а время понижения уровня воды  $t$  – в мин. В результате расчетов значение коэффициента фильтрации  $K_{\Phi}$  получают соответственно в см/мин.

Для последующего перевода этого значения в единицы измерения м/сут следует иметь в виду, что 1 см/мин = 14,4 м/сут.

В таблицах 5.1 и 5.2 приведены значения восстановления уровня грунтовых вод  $S_t$  в скважине в зависимости от времени  $t$  по вариантам опыта.

Таблица 5.1. Динамика значений восстановления уровня грунтовых вод  $S_t$  в скважине в зависимости от времени по вариантам опыта, см ( $d_0=15$  см;  $h_0=130$  см;  $S_0=120$  см; грунт – легкий суглинок)

Вариант опыта	Время восстановления уровня грунтовых вод $t$ от начала опыта, мин									
	1	3	5	7	10	12	15	20	25	30
1	104	80	60	45	29	21	15	8	3	1,8
2	95	57	36	22	11	6	4	1,0	0,4	0,1
3	107	86	66	51	37	27	21	12	6	4
4	98	66	43	28	16	10	6	2	0,9	0,3
5	101	76	54	39	23	15	10	5	1,7	0,9
6	109	90	72	58	46	34	27	16	11	6
7	97	61	39	27	13	8	5	1,6	0,6	0,2
8	110	92	74	62	48	37	31	18	12	7
9	100	68	46	31	19	11	7	3	1,1	0,5
10	92	58	31	22	9	6	4	1,1	0,3	0,1
11	108	88	69	54	40	31	24	14	7	5
12	102	78	57	42	26	18	13	6	3	1,3
13	100	74	52	38	21	14	9	4	1,5	0,6
14	106	84	63	48	34	24	18	10	6	3,0
15	103	79	59	43	28	20	14	7	2,8	1,5
Пример	<b>101</b>	<b>73</b>	<b>48</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1,4</b>	<b>0,7</b>

Таблица 5.2. Динамика значений восстановления уровня грунтовых вод  $S_t$  в скважине в зависимости от времени по вариантам опыта, см ( $d_0=15$  см;  $h_0=150$  см;  $S_0=140$  см; грунт – средний суглинок)

Вариант опыта	Время восстановления уровня грунтовых вод $t$ от начала опыта, мин									
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60
16	115	91	54	36	21	14	9	4	1,2	0,6
17	119	96	67	44	28	21	15	8	3	1,5
18	112	84	46	28	15	10	7	2	0,7	0,2
19	125	106	75	58	46	31	22	15	7	5
20	111	80	42	26	13	8	5	1,2	0,5	0,1
21	116	93	58	37	25	16	10	5	1,6	0,8
22	110	78	42	27	14	7	5	1,3	0,5	0,1
23	121	99	71	49	38	24	18	10	5	3
24	113	87	50	31	18	12	8	3	0,9	0,4
25	125	107	81	59	47	32	28	14	10	5
26	117	90	53	37	21	15	10	4	1,3	0,6
27	118	94	63	40	29	18	12	6	2	1
28	123	104	71	53	42	28	21	11	7	4
29	127	108	84	61	51	36	31	17	12	6
30	114	86	51	32	18	13	7	2,5	0,8	0,3

Используя данные  $h_0$ ,  $S_0$ ,  $S_t$  и  $t$  одной из этих таблиц по заданному индивидуальному варианту выполняют последовательный расчет значений  $tg\varphi = \lg(S_0/S_t)/t$  для каждого значения  $t$  по примеру, приведенному в табл. 5.3.

После этого с целью получения устойчивого осредненного значения  $tg\varphi$  строят график зависимости  $\lg(S_0/S_t) = f(t)$ , точки которого осредняют прямой линией (пример на рис. 5.3). По полученной прямой на графике определяют среднее значение  $tg\varphi$  и, подставляя его в формулу (5.12), выполняют окончательный расчет коэффициента фильтрации  $K_f$  в см/мин.

**Пример выполнения.** Для примера расчетов  $K_f$  используем данные нижней строки табл.3.1. Расчеты выполняем в форме табл. 3.3, по результатам которых строим график зависимости  $\lg(S_0/S_t) = f(t)$ , приведенный на рис. 5.3.

Таблица 5.3. Пример расчета коэффициента фильтрации по данным откачки воды из скважины

Номер измерения	$t$ , мин	$S_t$ , см	$S_0/S_t$	$\lg(S_0/S_t)$	$tg\varphi$
1	1	101	1,188	0,075	0,075
2	3	73	1,644	0,216	0,072
3	5	48	2,500	0,398	0,080
4	7	36	3,339	0,523	0,075
5	10	22	5,455	0,737	0,074
6	12	13	9,231	0,965	0,080
7	15	8	15,00	1,176	0,078
8	20	4	30,00	1,477	0,074
9	25	1,4	85,71	1,933	0,077
10	30	0,7	171,29	2,234	0,074
					$tg\varphi_{cp} = 0,076$



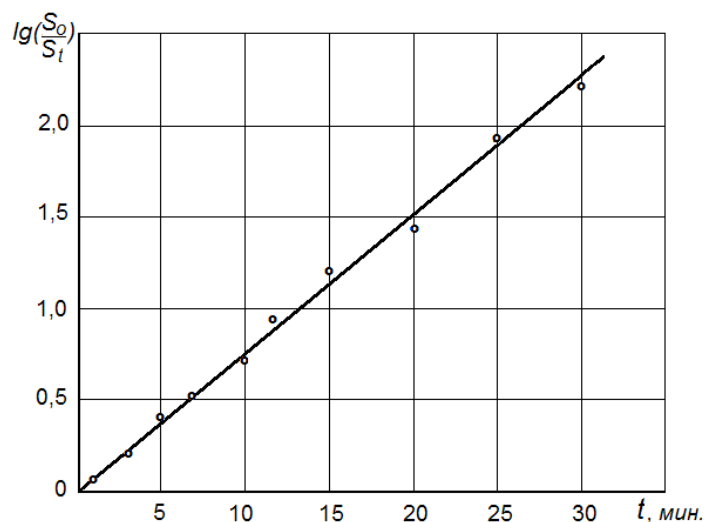


Рис. 5.3. График зависимости  $\lg(S_0/S_t) = f(t)$  для принятого примера расчета коэффициента фильтрации по формуле (5.12)

При построении графика нанесенные на его поле точки осредняются прямой линией. По этой линии определяется расчетное значение  $\operatorname{tg}\varphi$ , как отношение ординаты ее точки, соответствующей определенному фиксированному значению времени  $t$ , к этому значению. При этом для уменьшения графической погрешности следует использовать значение  $t$ , максимальное из приведенных его значений на шкале графика 5.3.

В приведенном примере принимаем  $t = 30$  мин, для которого ордината прямой  $\lg(S_0/S_t) = 2,28$ . Тогда

$$\operatorname{tg}\varphi = 2,28 / 30 = 0,076.$$

Полученное значение  $\operatorname{tg}\varphi$  должно, как правило, соответствовать его среднему значению в табл. 5.3. При этом построение графика дает возможность более наглядного и объективного анализа опытных данных, исключения неточных и ошибочных значений и позволяет выполнять контроль вычислений.

Таким образом, в нашем случае используя формулу (5.12) и принимая  $d_0=15$  см;  $h_0=130$  см получим

$$K_{\phi} = \frac{0,875 \cdot 15^2}{130 + 15} 0,076 = 0,103 \text{ см/мин.}$$

Переходя к принятым на практике единицам измерения коэффициента фильтрации (м/сут) и точности до 0,01 получим окончательно

$$K_{\phi} = 0,103 \cdot 14,4 = 1,48 \text{ м/сут.}$$

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные виды полевых опытно-фильтрационных работ и условия их применения.
2. Какие виды откачек воды из скважин являются наиболее точными и почему ?
3. Как выполняются опытно-фильтрационные работы на объекте с глубоким уровнем грунтовых вод ?
4. Какие постоянные и переменные параметры используют и фиксируют в процессе опыта по откачке воды из скважины ?
5. С какой целью строят график зависимости восстановления уровня воды в скважине от времени ?

### Практическая работа № 6

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧНОГО ВОДОСБОРА НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

**Цель** – научиться определять на топографической карте положение речного водосбора и его количественные гидрографические параметры для заданного речного створа.

#### **Основные задачи:**

1. Провести топографической карте водораздельную линию речного водосбора и определить его площадь.
2. Определить длину основного водотока ( $L$ , км), его средний уклон ( $i_{cp}$ ) и коэффициент извилистости ( $K_{из}$ ).
3. Определить среднюю ширину водосбора ( $B_{cp}$ , км), его коэффициенты: формы ( $\eta$ ), асимметрии ( $K_A$ ) и густоту речной сети ( $\delta$ , км<sup>-1</sup>).
4. Определить коэффициенты озерности ( $\alpha$ ), заболоченности ( $\beta$ ) и лесистости ( $\gamma$ ) водосбора.

**Исходные данные.** Топографическая карта масштаба 1:50000 с сечением рельефа через 5 м, речной сетью, ситуацией и расчетными створами; палетка; циркуль-измеритель.

#### **Теоретическая часть.**

*Речной системой* называется совокупность водных потоков, впадающих в одну главную реку, несущую свои воды в озеро, море или океан. Реки, впадающие непосредственно в главную реку, называются притоками первого порядка. В притоки первого порядка впадают реки, которые являются по отношению к главной реке притоками второго порядка. В последние впадают притоки третьего порядка и т. д.

В каждую реку стекает вода с определенной территории, называемой *речным бассейном* или *водосбором*.

Для выполнения гидрологических расчетов при обосновании проектов гидротехнических сооружений и мелиоративных систем необходимо

располагать гидрографическими характеристиками реки и ее бассейна в заданном створе. Такие данные получают в камеральных условиях на основе имеющихся картографических материалов и проведения полевых исследований.

В числе основных гидрографических характеристик речной системы, относящихся к заданному створу главной реки (основного водотока), определяют:

- площадь речного водосбора, его средний уклон, среднюю ширину, коэффициенты формы и асимметрии водосбора;
- длину основного водотока, его средний уклон и извилистость;
- густоту речной сети;
- коэффициенты озерности, заболоченности и лесистости водосборной площади.

Таким образом, *водосборная площадь* (или площадь водосбора) является важнейшей гидрографической характеристикой и представляет собой участок земной поверхности, с которой вода поступает в данную речную систему.

При определении водосборной площади ( $F$ , км<sup>2</sup>) для данного створа реки на топографической карте проводят *водораздельную* линию, проходящую по наиболее высоким отметкам земной поверхности и отделяющую данный водосбор от соседних.

Пример схемы определения водосборной площади на топографической карте показан на рис. 4.1.

Точность определения водосборной площади зависит от масштаба карты, стадии проектирования, класса сооружения и составляет обычно 1/200 – 1/400. При меньшей точности измерения площади водосбора допускается применение палетки, а при повышенной – ее измеряют планиметром с двойным обводом фигуры водосбора при двух положениях полюса.

#### **Порядок выполнения.**

Для определения водосборной площади для заданного створа реки на топографической карте карандашом проводят водораздельную линию. Эта линия должна отделять данный водосбор от соседних и проходить по наиболее высоким отметкам земной поверхности.

При работе с топографическим планом (картой) по определению водораздельной линии следует постоянно определять вектор расчетного потока воды по земной поверхности, который всегда направлен от верхней соседней горизонтали к нижней по кратчайшему пути, т.е. пересекает горизонтали всегда под прямым углом.

Начинать водораздельную линию следует от расчетного створа реки (в самом начале перпендикулярно руслу) в обе стороны и далее, учитывая отмеченную ранее траекторию поверхностного стока, выводить линию на возвышенные элементы рельефа и замыкать ее выше истока основного водотока. Для проверки правильности положения водораздельной линии следует недалеко от нее брать контрольные точки (как внутри водосбора, так и снаружи) и прослеживать траекторию поверхностного стока в реку. При правильном расположении водораздельной линии сток от внутренних точек

должен попадать в реку выше расчетного створа. Для внешних точек сток должен попадать в реку ниже расчетного створа либо уходить в сторону (к другому водотоку), показывая тем самым, что эти точки находятся не входят в рассматриваемую водосборную площадь.

Площадь водосбора внутри полученной водораздельной линии измеряется с помощью палетки, изготовленной на кальке.

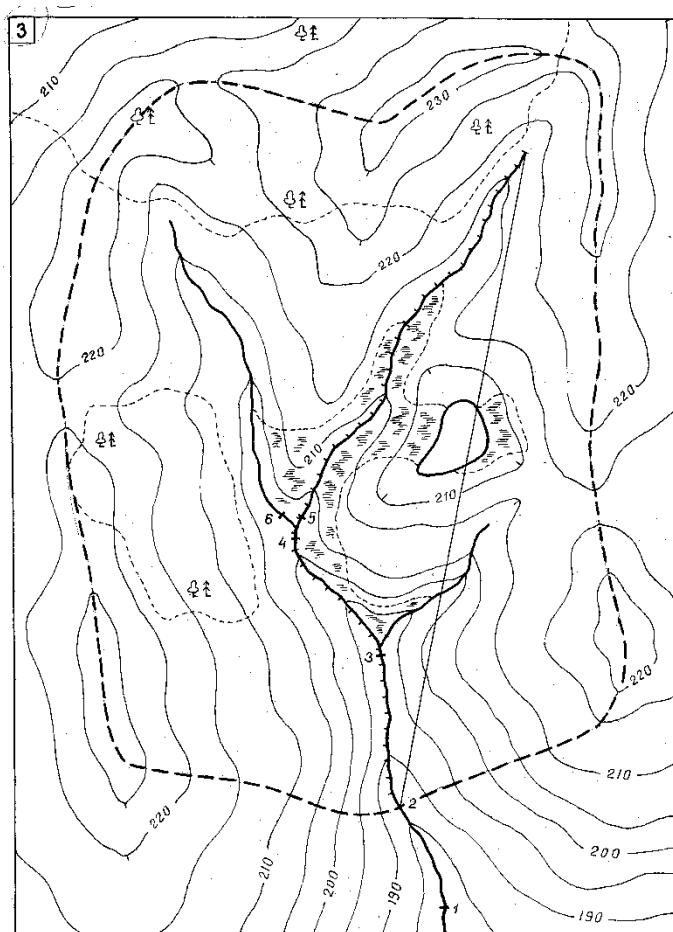


Рис. 6.1. Схема определения водосборной площади на топографической карте (пример).

Длину основного водотока (от истока до расчетного створа) определяют по карте посредством малого (3–5 мм) раствора измерителя в прямом и обратном направлениях. При этом не допускают расхождения между результатами измерений более 5 %.

Средний уклон основного водотока определяют по формуле

$$i_{cp} = \frac{h_u - (h_p - b)}{1000 \cdot L}, \quad (6.1)$$

где  $L$  – длина основного водотока, км;

$h_u, h_p$  – отметки земной поверхности соответственно у истока реки и в расчетном створе, м;

$b$  – величина врезки русла реки в расчетном створе, м

( $b = 2 \dots 5$  м).

Коэффициент извилистости реки определяют из соотношения

$$K_u = \frac{L}{\ell}, \quad (6.2)$$

где  $\ell$  – длина прямой линии, соединяющей точки истока реки ее расчетного створа, км.

Гидрографические характеристики водосбора рассчитываются по следующим формулам:

$$\text{средняя ширина водосбора } B_{cp} = \frac{F}{L}, \text{ км}; \quad (6.3)$$

$$\text{коэффициент формы } \eta = \frac{F}{L^2} = \frac{B_{cp}}{L}; \quad (6.4)$$

$$\text{коэффициент асимметрии } K_A = \frac{F_a - F_n}{0,5F}; \quad (6.5)$$

$$\text{густота речной сети } \delta = \frac{L + \sum I_n}{F}; \quad (6.6)$$

$$\text{коэффициент озерности } \alpha = \frac{f_o}{F} 100 \%; \quad (6.7)$$

$$\text{коэффициент заболоченности } \beta = \frac{f_b}{F} 100 \%; \quad (6.8)$$

$$\text{коэффициент лесистости } \gamma = \frac{f_l}{F} 100 \%, \quad (6.9)$$

где  $F_l$  и  $F_n$  – площади левобережной и правобережной частей водосбора, км<sup>2</sup>;

$\sum I_n$  – суммарная длина всех притоков основного водотока, км;

$f_o, f_b, f_l$  – площади в пределах водосбора, занятые соответственно озерами, болотами и лесом, км<sup>2</sup>.

### Пример выполнения

На топографической карте масштаба 1:50000 для заданного расчетного створа № 2 проводим водораздельную линию (на рис. 6.1 показана пунктиром).

Полученную площадь водосбора внутри этой линии определяем с помощью палетки. В нашем случае  $F = 81,62$  км<sup>2</sup>.

Для определения длины основного водотока размечаем на нем с помощью циркуля-измерителя отдельные прямые отрезки длиной по 5 мм (в виде поперечных штрихов). С учетом масштаба топографической карты фактическая длина отрезка равна 0,25 км, а их количество составило 47 шт.

Тогда длина основного водотока  $L = 0,25 \cdot 47 = 11,75$  км.

При расчете среднего уклона основного водотока по формуле (6.1) путем интерполяции на топографической карте получаем отметки:

$h_u = 217,5$  м;  $h_p = 187,0$  м. Принимая  $b = 3$  м, получим:

$$i_{\text{ср}} = \frac{217,5 - (187,0 - 3,0)}{1000 \cdot 11,75} = 0,00285$$

Для расчета коэффициента извилистости реки измеряем линейкой расстояние между ее истоком и расчетным створом, которое с учетом масштаба топографической карты составило  $\ell = 10,25$  км. По формуле (6.2) получим:

$$K_{\text{и}} = 11,75 / 10,25 = 1,15.$$

Измеряя необходимые для дальнейших расчетов площади контуров на топографической карте, получим значения:

- площадь левобережной части водосбора  $F_{\text{л}} = 30,88$  км<sup>2</sup>;
- площадь правобережной части водосбора  $F_{\text{п}} = 50,74$  км<sup>2</sup>;
- суммарная длина всех притоков  $\Sigma \ell_{\text{п}} = 8,25$  км;
- площадь в пределах водосбора, занятая озерами  $f_0 = 0,75$  км<sup>2</sup>;
- площадь в пределах водосбора, занятая болотами  $f_6 = 4,86$  км<sup>2</sup>;
- площадь в пределах водосбора, лесом  $f_{\text{л}} = 16,25$  км<sup>2</sup>.

По полученным данным рассчитываем остальные гидрографические характеристики речного водосбора:

средняя ширина  $B_{\text{ср}} = 81,62 : 11,75 = 6,95$  км;

коэффициент формы  $\eta = 6,96 : 11,75 = 0,59$ ;

коэффициент асимметрии  $K_{\text{А}} = \frac{30,88 - 50,74}{0,5 \cdot 81,62} = -0,49$ ;

густота речной сети  $\delta = \frac{11,75 + 8,25}{81,62} = 0,245 \text{ км}^{-1}$ ;

коэффициент озерности  $\alpha = \frac{0,75}{81,62} \cdot 100 = 0,9\%$ ;

коэффициент заболоченности  $\beta = \frac{4,86}{81,62} \cdot 100 = 6,0\%$ ;

коэффициент лесистости  $\gamma = \frac{16,25}{81,62} \cdot 100 = 19,9\%$ .

### Контрольные вопросы

1. Что называется водосборной площадью и как ее измеряют?
2. Как располагается водораздельная линия на топографической карте относительно горизонталей?
3. Что такое коэффициент извилистости реки?
4. Как определяют уклон реки на топографической карте?
5. Как определяют густоту речной сети водосбора?

## Практическая работа №7

Тема: Снижение поступления взвешенных веществ в водоёмы

Цель работы:

1. Ознакомится с особенностями формирования и оценки твердого стока гидрографической сети;
2. Изучить содержание и основные требования предъявляемые к проектам снижения поступления взвешенных веществ;
3. Запроектировать уширение мелиоративного канала.

### Основные сведения

С территории водосбора взвешенные вещества интенсивно поступают с поверхностным стоком в период весеннего половодья (от 50% до 60 %) и летне-осенних паводков (40 %).

По величине декадных максимальных значений мутности в реках Республики Беларусь выделяются две группы водотоков:

I группа – водотоки с ярко выраженными максимальными значениями мутности в период весеннего половодья и незначительными показателями мутности в период летне-осенних паводков, к данной группе относятся средние и малые реки, гидрологический режим которых не затронут антропогенной деятельностью. Для водотоков данной группы характерно значение мутности в период весеннего половодья до 60 мг/дм<sup>3</sup>.

II группу составляют водотоки, гидрологический режим которых подвержен антропогенному воздействию, которое выражается, главным образом, в зарегулированности стока мелиоративными каналами и плотинами. Для водотоков данной группы характерно высокое значение мутности до 150-160 мг/дм<sup>3</sup> в период весеннего половодья, с постепенным уменьшением значений мутности до 5-20 мг/дм<sup>3</sup> для летне-осеннего периода.

Работы по снижению поступления взвешенных веществ с водосбора по гидрографической сети в водные объекты методом устройства гидротехнических сооружений осуществляются в следующем порядке:

- проведение изыскательских работ по изучению гидрологического стока и уровню содержания взвешенных веществ в водоёмах и водотоках;
- разработка проектной документации с соблюдением требований законодательства Республики Беларусь и правил, установленных настоящим техническим кодексом;
- реализация утвержденных проектных решений по снижению поступления взвешенных веществ с водосбора по гидрографической сети в водные объекты методом устройства гидротехнических сооружений;
- передача объекта после завершения работ эксплуатирующим организациям в установленном законодательством порядке.

Изыскательские работы включают:

- топографо-геодезические и гидрологические изыскания;
- инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания;
- гидрологические изыскания.

Топографо-геодезические изыскания включают следующие виды работ:

- топографическую съемку в масштабе 1:5000 или 1:10000;
- съемку основных каналов (продольные и поперечные профили) с поперечниками через 200-500 м;
- съемку основных существующих сооружений в масштабе 1:200 или 1:500 (водоподпорных сооружений, водовыпусков, переездов на дорогах), 1:1000 или 1:2000 (плотин, дамб), эскизы второстепенных сооружений;
- съемку площадок под основные сооружения в масштабе 1:200 или 1:500.

Гидрологические изыскания должны включать:

- оценку схемы водосборных площадей в масштабе 1:10000 или 1:25000;
- характеристику гидрографической сети и гидрологических условий.

Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания должны включать характеристику грунтов по каналам через 200-500 м.

Изыскательские работы должны обеспечивать данными разработку проектной документации и включать следующие разделы:

- обоснование проведения работ по снижению поступления взвешенных веществ в водоём (увеличение рекреационного потенциала водоёма, борьба с процессами эвтрофирования и др.);
- уровень содержания взвешенных и биогенных веществ в водоёме;
- обоснование способа количественного снижения поступления в экосистему взвешенных и биогенных веществ;
- расчёты изменения качества воды после снижения поступления взвешенных и биогенных веществ в водоём.

Проектная документация снижения поступления взвешенных веществ с водосбора по гидрографической сети (далее проект), разрабатывается специализированной проектной организацией, в соответствии с законодательством об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности.

Проектная документация разрабатывается на основании данных инженерных изысканий, научного обоснования, а также с увязкой ранее полученных материалов по данному объекту.

Разработка проекта состоит из следующих стадий:

- разработка технического задания на разработку проекта;
- разработка проектной документации;
- разработка проекта возможна по стадиям: архитектурный проект, строительный проект.

Основанием для разработки проекта является техническое задание, разработанное заказчиком.

Техническое задание на разработку проектной документации должно содержать:

- наименование заказчика, юридический статус и его реквизиты;
- основание для проектирования;
- месторасположение проектируемого объекта;
- площадь объекта, га;



- вид строительства;
- основные требования к проекту;
- стадийность проектирования;
- требования к вариантной разработке;
- требования и условия разработки природоохранных мероприятий;
- срок начала и окончания строительства;
- способ (метод) строительства;
- наименование подрядной организации;
- источник финансирования на разработку проектной документации;
- срок сдачи проекта.

Техническое задание на разработку проекта утверждается заказчиком.

Объект, законченный строительством в соответствии с утверждённой проектной документацией, должен быть представлен заказчиком к приёмке специально создаваемой приёмочной комиссии.

Для снижения переноса взвешенных веществ по проводящей сети рекомендуется использование шлюзов-регуляторов, для осушительной сети – регуляторы трубчатые, являющиеся наиболее распространёнными гидротехническими сооружениями, обеспечивающими регулирование уровня, расхода воды и изменение скоростей движения воды.

Возможно использование следующих типовых шлюзов-регуляторов, рассчитанных на пропуск максимальных расходов до 150 м<sup>3</sup>/с: от ШР 2-5,5 (Г-4, 5) до ШР 3,5 – 5,5-3 (Г-8). Рабочий напор для этих шлюзов колеблется от 1 до 3,5 м, причем подавляющее большинство рассчитано на перепад уровней 1-2 м. Для пропуска расходов, превышающих 150 м<sup>3</sup>/с, возможно использование шлюзов-регуляторов следующих модификаций: ШРП 3,5–3х5,5–5 до ШРП 3,5–5х5,5–6.

В целях снижения величины взвешенных наносов на осушительной сети возможно использование трубчатых регуляторов следующих модификаций: от РТК 6-0-18 до РТК 2-14-10-27.

Для осаждения взвешенных наносов используются отстойники различного типа, представляющие собой обычно расширенную и углублённую часть канала.

Разработка регламента работы гидротехнических сооружений по снижению содержания взвешенных наносов в водотоках осуществляется на использовании закономерности распределения содержания наносов по глубине.

Взвешенные наносы со средним размером частиц (от 0,03-0,15 мм до 0,15-0,20 мм) в большем количестве перемещаются у дна и в меньшем – у поверхности воды, более крупные частицы движутся преимущественно у дна.

В расчётах движение взвешенных веществ в составе водного потока обычно определяют по величине его транспортирующей способности, т.е. по его способности перемещать взвешенные наносы.

Транспортирующая способность канала  $r$ , г/м<sup>3</sup> определяется по формулам:

- при  $2 < W < 8$  мм/с

$$p = 700 \cdot \left( \frac{v}{W} \right)^3 \sqrt{R \cdot i}; \quad (7.1)$$

- при  $0,4 < W < 2$  мм/с

$$p = 350 \cdot v \sqrt{\frac{R \cdot i \cdot v}{W}}, \quad (7.2)$$

где  $W$  – гидравлическая крупность частиц среднего диаметра, принимается по таблице 7.1;  $v$  – скорость течения воды в канале, м/с;  $R$  – гидравлический радиус канала, м;  $i$  – уклон дна канала.

Таблица 7.1 – Соотношение размера взвешенных частиц  $d$ , мм, и гидравлической крупности частиц  $W$ , мм/с

$d$ , мм	$W$ , мм	$d$ , мм	$W$ , мм
0,005	0,0175	0,09	5,61
0,01	0,0692	0,10	6,92
0,02	0,277	0,125	10,81
0,03	0,623	0,150	15,60
0,04	1,11	0,175	18,90
0,05	1,73	0,20	21,60
0,06	2,49	0,225	24,30
0,07	3,39	0,25	27,00
0,08	4,43	0,275	29,90

Выполняются расчеты для построения графиков зависимости между крупностью взвешенных частиц (мм) и транспортирующей способностью водотока. При увеличении диаметра частиц транспортирующая способность потока снижается не пропорционально (увеличение диаметра частиц от 0,005 мм до 0,05 мм влечёт за собой уменьшение транспортирующей способности потока в 10 раз, увеличение до 0,1 мм - в 20 раз, и увеличение до 0,2 мм - в 35,6 раза).

На основании проведенных расчетов для заданных значений  $d$  и  $p$  определяется допустимая скорость течения воды в водотоке, обеспечивающая снижение концентрации взвешенных веществ ниже регулирующих гидротехнических сооружений.

**Задание:** определить параметры устройства по снижению взвешенных и влекомых наносов. В качестве регулирующего сооружения принять углубление и уширение канала. Размеры заглубленной части принять исходя из накопления наносов в период весеннего половодья. Размер уширения принять исходя из допустимой транспортирующей способности канала.

*Пояснения к выполнению расчета:* скорость и расход воды в канале выполнялись с использованием уравнения Шези; размеры уширенной части канала принять исходя из соотношения ширины к длине участка равной 3, при этом углубленную часть не учитывать при расчете снижения транспортирующей способности.

Уравнение Шези

$$v = C \sqrt{R \cdot i}, \quad (7.3)$$

где  $C$  – коэффициент Шези вычисляемый по формуле,

$$C = \frac{1}{n} + 17,72 \lg R \quad (7.4)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости русла.

Расход канала, м<sup>3</sup>/с определяется

$$Q = v \cdot \omega = v \cdot (b \cdot h + m \cdot h^2) \quad (7.5)$$

где  $\omega$  – живое сечение потока, м<sup>2</sup>;  $b$  – ширина канала, м;  $h$  – глубина канала, м;  $m$  – заложение откосов.

В свою очередь гидравлический радиус  $R$ , м определится по формуле

$$R = \frac{b \cdot h + m \cdot h^2}{b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}}. \quad (7.6)$$

Таблица 7.2 Исходные данные к выполнению работы

Номер варианта	Уклон	Параметры канала				Средний диаметр частиц, мм	Допустимая транспортирующая способность, г/м <sup>3</sup>	Расчетная продолжительность весеннего половодья, мес.	Периодичность обслуживания канала, лет
		ширина, м	глубина, м	заложение откосов	коэффициент шероховатости русла				
1	0,0011	0,6	1,2	2,0	0,025	0,03	4,0	1,0	10
2	0,0013	0,8	1,1	2,5	0,032	0,04	2,0	1,5	11
3	0,0014	0,6	1,4	3,0	0,025	0,05	4,0	1,2	12
4	0,0018	0,8	1,5	3,0	0,03	0,06	0,5	1,6	5
5	0,0011	4,0	1,4	2,0	0,025	0,07	0,4	1,7	10
6	0,0009	0,8	1,2	2,5	0,032	0,03	2,5	1,2	11
7	0,0013	0,6	1,1	3,0	0,025	0,04	2,5	1,6	15
8	0,0010	0,8	1,4	2,0	0,032	0,05	1,0	1,7	20
9	0,0018	0,6	1,2	2,5	0,025	0,06	1,9	1,1	15
10	0,0017	0,8	1,1	3,0	0,02	0,07	0,2	1,2	10
11	0,0009	0,8	1,8	3,0	0,021	0,06	0,5	1,2	5
12	0,0018	1,0	1,6	3,0	0,022	0,07	0,4	1,2	9
13	0,0010	1,0	1,2	2,0	0,025	0,03	4,1	1,0	5
14	0,0015	1,1	1,1	2,5	0,032	0,04	2,2	1,5	7
15	0,0016	1,2	1,4	3,0	0,025	0,05	4,3	1,2	9
16	0,0017	1,3	1,5	3,0	0,03	0,06	0,7	1,6	12
17	0,0012	1,4	1,4	2,0	0,025	0,07	0,6	1,7	10
18	0,0008	0,9	1,2	2,5	0,032	0,03	2,8	1,2	8
19	0,0015	0,8	1,1	3,0	0,025	0,04	2,1	1,6	9
20	0,0013	0,7	1,4	2,0	0,032	0,05	1,3	1,7	10
21	0,0019	1,5	1,2	2,5	0,025	0,06	1,7	1,1	11
22	0,0016	2,0	1,1	3,0	0,02	0,07	0,3	1,2	10
23	0,0009	0,8	1,8	3,0	0,021	0,06	0,6	1,2	8
24	0,0014	1,7	1,6	3,0	0,022	0,07	0,5	1,2	7

## Практическая работа № 8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

**Цель** – освоить методы камеральных расчетов основных водно-физических свойств и динамики влагозапасов почвы для обоснования проекта гидромелиорации.

**Основные задачи:**

1. Определить основные водно-физические свойства почвы по результатам полевых изысканий (плотность, пористость, полную и наименьшую влагоемкость).
2. Установить оптимальный диапазон почвенных влагозапасов с учетом планируемого сельскохозяйственного использования почв.
3. Построить график динамики влагозапасов почвы, определить периоды переувлажнения, переосушки и оценить потребность в гидромелиорации участка.

**Исходные данные:** 1) первичные материалы изысканий (табл.8.1):

- а) гранулометрический состав почвы – песок, супесь, суглинок, глина, торф;
  - б) масса почвенного образца  $P = 250 - 400$  г;
  - в) объем почвенного бура  $V = 150 - 200$  см<sup>3</sup>;
  - г) влажность почвенного образца  $\beta = 15 - 30\%$  массы;
  - д) плотность твердой фазы  $\rho_{уд} = 2,40 - 2,70$  г/см<sup>3</sup>;
- 2) сельскохозяйственное использование – полевой, кормовой, овощной севооборот, пастбище, сенокос;
- 3) расчетный слой почвы  $h = 0,4 - 0,6$  м;
- 4) динамика влажности почвы на заливаемой площадке при определении наименьшей влагоемкости (приложение 3);
- 5) динамика влажности почвы по декадам вегетационного периода по вариантам (приложение 4).

**Теоретическая часть.**

Водные свойства почвы являются важным показателем ее фактического плодородия и водного режима. *Водный режим почвы* представляет собой совокупность всех форм поступления, передвижения и расходования влаги в ее расчетном слое.

Количественной оценкой водного режима является *водный баланс* почвы, т.е. сопоставление всех приходных и расходных элементов, формирующих водный режим.

Таблица 8.1. Исходные данные для определения водно-физических свойств почвы

№ варианта	Почва	$\rho_{уд}$ , г/см <sup>3</sup>	V, см <sup>3</sup>	P, г	$\beta$ , %
1	Песок	2,41	150	252	15
2		2,42	200	320	17
3		2,43	200	318	16
4	Супесь	2,44	150	248	18
5		2,45	150	255	20
6		2,46	150	250	15
7		2,47	200	352	17
8		2,48	200	358	20
9		2,49	200	345	19
10	Легкий суглинок	2,50	160	268	20
11		2,51	150	262	19
12		2,52	150	251	15
13		2,53	200	382	20
14		2,54	200	396	25
15	Средний суглинок	2,55	150	269	17
16		2,56	150	263	15
17		2,57	150	282	23
18		2,58	200	363	20
19		2,59	200	371	22
20	Тяжелый суглинок	2,60	150	270	23
21		2,62	150	275	25
22		2,64	150	262	20
23		2,66	200	348	20
24		2,68	200	367	25
25	Глина	2,69	150	276	27
26		2,70	150	288	30
27		2,71	200	356	23
28		2,72	200	376	28
29	Торф	1,50	150	81	145
30		1,55	150	73	140
Пример	Легкий суглинок	2,52	150	266	19

Основными показателями водных свойств почвы являются ее *влажность*, *влагозапасы* и *влагоемкость*.

*Влажностью почвы* ( $\beta$ , %) называют содержание влаги в почве, выраженное в процентах от какой-либо ее константы: от массы сухой почвы (весовая влажность); от объема почвы ( $\beta^{об}$ ); от пористости ( $\beta^A$ ). Наиболее просто определяют *весовую* влажность почвы ( $\beta$ , %) стандартным *термостатно-весовым* методом.

Образцы для определения  $\beta$  отбирают из стенки шурфа с учетом генетических и литологических горизонтов или при проходке скважин почвенным буром из каждого 10-см слоя до глубины 1 м и далее из каждого 20-см слоя в трехкратной повторности. При использовании бура (рис. 8.1.а) глубина отбора образцов фиксируется по меткам на его штанге.

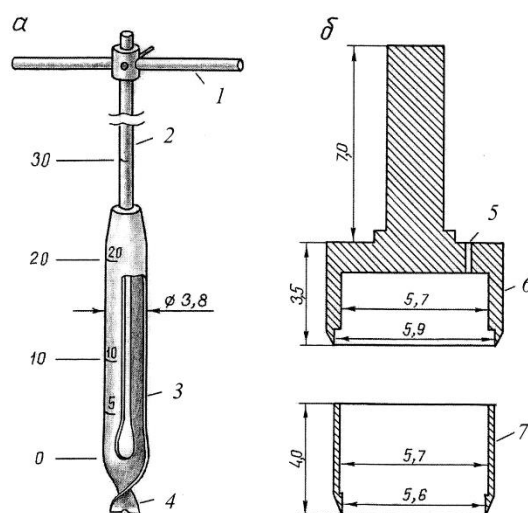


Рис. 8.1. Буры для определения влажности (а) и плотности (б) почв:  
 1 – ручка; 2 – штанга; 3 – пробоотборник; 4 – наконечник в виде сверла;  
 5 – отверстие для выхода воздуха; 6 – направляющая насадка;  
 7 – режущий цилиндр. Размеры даны в сантиметрах

Объем пробоотборника должен обеспечивать получение трех почвенных образцов. Каждый образец почвы сразу помещается в бюкс (алюминиевый стаканчик диаметром 5 см и высотой 4 см с крышкой и выбитым номером) и должен заполнять в рыхлом состоянии не менее 2/3 его объема.

Взвешивание образцов выполняется на весах типа ВЛТК-500 с точностью 0,01 г. Для высушивания образцов применяют сушильные шкафы (термостаты) с электрическим подогревом. Высушивание навесок при температуре 105 – 110°C проводится до достижения их постоянного веса и составляет обычно 6 – 8 ч (для торфяных почв – в 1,5 – 2,0 раза больше). По окончании высушивания горячие бюксы закрывают крышками, оставляют остывать и после этого взвешивают.

Весовую влажность почвогрунта рассчитывают по формуле

$$\beta = \frac{m_B - m_C}{m_C - m_0} \cdot 100 \% \quad , \quad (8.1)$$

где  $m_B, m_C$  – масса бюксов с влажной и сухой почвой, г;  
 $m_0$  – масса пустого бюкса, г.

Влажность каждого слоя почвенного профиля определяется с точностью 0,1 % как средняя из трех измеренных повторностей.

При необходимости более оперативных и массовых определений влажности почвы в отдельных случаях применяют ускоренный термостатно-весовой метод (высушивание минеральных почв при температуре 130°C) или используют нейтронные влагомеры.

Взаимосвязь влажности весовой ( $\beta$ , %), объемной ( $\beta^{об}$ , %) и от пористости почвы ( $\beta^A$ , %) выражается формулами

$$\beta^{об} = \beta \cdot \rho \quad ; \quad (8.2)$$

$$\beta^A = \frac{\beta^{об}}{A} \cdot 100 \% , \quad (8.3)$$

где  $\rho$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;

$A$  – пористость почвы, % от объема.

*Влагоемкость почвы* отражает способность почвы поглощать и удерживать определенное количество влаги на качественно различных уровнях. На рис. 8.2 показаны основные уровни влагоемкости почвы от максимального до минимального содержания влаги (в % от объема почвенных пор), а также находящиеся между границами этих уровней виды (формы) почвенной влаги.

*Полная влагоемкость (ПВ)* наблюдается при полном вытеснении водой воздуха из почвенных пор, включая заземленный воздух. При отсутствии водоупора и влияния близко расположенного уровня грунтовых вод происходит вертикальный сток воды из крупных сквозных пор от уровня ПВ до уровня равновесного состояния, обеспечиваемого капиллярными силами в более мелких порах. Данная форма почвенной влаги носит название *гравитационной*.

В процессе дальнейшего последовательного уменьшения количества воды (за счет испарения) она присутствует далее в почве в формах *капиллярной*, *пленочной* и *гигроскопической* влаги.

При изучении влагоемкости почвы с целью регулирования ее водного режима наибольший практический интерес представляет *предельная полевая (или наименьшая) влагоемкость*, которая является нижней границей гравитационной влаги и одновременно верхним пределом диапазона благоприятной для растений (оптимальной) почвенной влажности  $\beta_B$ . Нижний предел диапазона благоприятной влажности почвы  $\beta_H$  составляет в среднем 0,65–0,80 от  $\beta_B$  в зависимости от вида растений. Уменьшение влажности почвы ниже значения  $\beta_H$  приводит к существенному снижению продуктивности выращиваемых культур.

Уровни влагоемкости почвы и соответствующая им влажность, % от пористости	Виды (формы) почвенной влаги
Полная влагоемкость ПВ 100	Гравитационная влага
Динамическая влагоемкость ДВ	
Предельная полевая (наименьшая) влагоемкость ППВ (НВ) 60-75	
Диапазон благоприятной для растений влажности почвы $\Delta = \beta_B - \beta_H$	Капиллярная влага
45-60	
Влажность разрыва капилляров ВРК 35-45	Пленочная влага
Влажность устойчивого завядания ВУЗ 15-30	
Максимальная гигроскопичность МГ 2-8	
Химически связанная влага ХСВ < 2	Гигроскопическая влага

Свободная влага (гравитационная и капиллярная)  
Связанная влага (пленочная и гигроскопическая)

Рис. 8.2. Основные уровни влагоемкости почвы, виды (формы) почвенной влаги и диапазон благоприятной для растений (оптимальной) влажности почвы

Определение границ  $\beta_B$  и  $\beta_H$  при изысканиях необходимо для обоснования гидротехнических мелиораций (осушение, орошение).

Ниже границы *влажности разрыва капилляров* почвенная влага переходит в малодоступную для растений форму *пленочной влаги*, а ниже уровня *влажности устойчивого завядания* становится для них практически недоступной. При поглощении сухой почвой водяных паров атмосферы ниже границы *максимальной гигроскопичности* образуется небольшое количество *гигроскопической влаги*, которая, как и входящая в состав молекул почвенных минералов *химически связанная влага*, полностью недоступны растениям.

*Предельная полевая влагоемкость (ППВ)* соответствует максимальному содержанию капиллярно-подвешенной влаги в данном слое почвы при отсутствии испарения и подпитывающего влияния грунтовых вод. Понятие «*наименьшая влагоемкость*» (*НВ*) практически совпадает с ППВ и отмечается при полном оттоке гравитационной влаги и глубоком залегании грунтовых вод.

Наименьшую влагоемкость определяют в полевых условиях при залегании грунтовых вод глубже 3 м методом *заливаемых площадок*.

Суть метода состоит в насыщении влагой исследуемой толщи почвогрунта свыше его водоудерживающей способности и создании условий оттока гравитационной воды при отсутствии испарения. Для этого на участке выбирают ровную площадку размером от 1 × 1 м (песчаные почвы) до 2 × 2 м (суглинистые), окружают ее уплотненным земляным валиком высотой 20 – 30 см и заливают водой до 200 – 250 л/м<sup>2</sup>, не размывая поверхности почвы. Чтобы исключить испарение, площадку закрывают полиэтиленовой пленкой.

После этого в центре площадки с помощью почвенного бура в трех-четырёхкратной повторности до требуемой глубины берут образцы на влажность почвы. Последующими отборами образцов фиксируется прекращение снижения влажности почвы за счет стока, что соответствует достижению влажности уровня НВ. Величину наименьшей влагоемкости получают путем построения графика по данным полевого опыта на заливаемой площадке. Пример графика приведен на рис. 8.3.

В условиях низинных территорий при капиллярном воздействии на почву близко залегающих грунтовых вод определяют динамическую (или капиллярную) влагоемкость. *Динамическая влагоемкость (ДВ)* соответствует количеству воды, которое удерживает почва в капиллярно-подпертом состоянии при данном положении уровня грунтовых вод. При подъеме уровня грунтовых вод значение ДВ увеличивается в диапазоне от наименьшей до полной влагоемкости.

Сопоставление динамической влагоемкости почв с их пористостью дает возможность выявить зону благоприятной аэрации для развития корневой системы растений и обосновать оптимальную глубину положения уровня грунтовых вод (*норму осушения*). Динамическую влагоемкость в обводненных почвах определяют на монолитах.



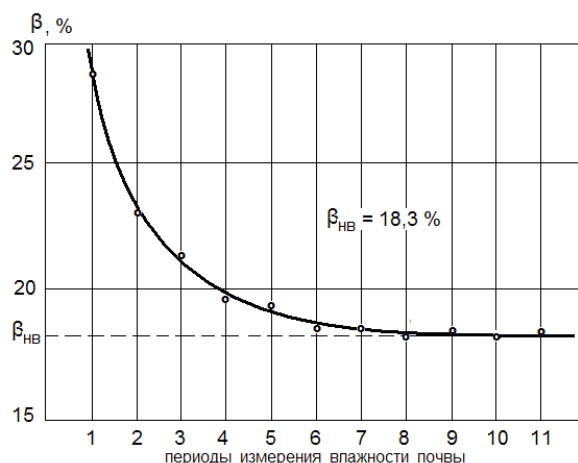


Рис. 8.3. График определения наименьшей влагоемкости почвы по данным полевого опыта на заливаемой площадке

Монолиты почвогрунта высотой 60–100 см (в зависимости от предполагаемого понижения грунтовых вод) извлекают из разреза в специальных ящиках, укладывают горизонтально и освобождают от боковой крышки. Монолит из лейки насыщают до полной влагоемкости, предварительно защитив его от размыва слоем материала. После этого снимают нижнюю торцовую доску и устанавливают монолит вертикально в емкость, заполненную обводненным песком (рис. 8.4).

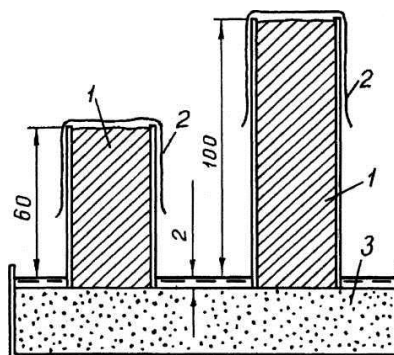


Рис. 8.4. Определение динамической влагоемкости почвы на монолитах:  
1 - почвенные монолиты; 2 - полиэтиленовая пленка; 3 - обводненный песок.

Для предотвращения испарения монолит заворачивают в полиэтиленовую пленку. Уровень воды в емкости поддерживают так, чтобы монолит был погружен в воду на 2 см. Через 2,3,4,5 и 6 сут. (соответственно для песчаных, супесчаных, суглинистых, торфяных и глинистых почв) из монолита отбирают образцы на влажность почвы, которая соответствует динамической влагоемкости при данном уровне стояния вод и заданной глубине отбора образцов.

*Плотность почвы* ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>) – это масса единицы объема сухой (высушенной при 105 – 130° С) почвы ненарушенного сложения. Определяют ее в полевых условиях при помощи объемного бура с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup>. Для определения плотности минеральных почв используют бур, состоящий из режущего цилиндра и направляющей насадки (рис.8.1б).

В практике полевых исследований применяют цилиндры объемом от 50 (полевая лаборатория Литвинова) до 500 см<sup>3</sup> (прибор Качинского). Наиболее устойчивые результаты получают при соотношении диаметра цилиндра к высоте, равном 1,3 – 1,5.

Отбор образцов для определения плотности почвогрунтов выполняют из шурфа (одновременно с отбором образцов на влажность) в каждом генетическом горизонте и литологическом слое, но не реже чем через 30 см. После взвешивания образец перемешивают и отбирают 3 пробы в бюксы для определения влажности.

Плотность почвы рассчитывают по формуле (8.4).

В торфяных почвах, где органические скопления и корневая система образуют пружинящую массу, применяют бур Зайдельмана (рис. 8.1,б). На режущей части его цилиндра имеются зубцы, заточенные по типу продольной пилы. Цилиндр вводят в торф равномерным вращением воротка направляющей насадки.

*Пористость (порозность, скважность)* почвы, выражающая процентное отношение объема всех пор почвы к ее общему объему при естественном сложении, вычисляется по зависимости (8.5).

Характеристику *водопроницаемости* почвогрунтов дает их *коэффициент фильтрации*, полевые методы определения которого зависят от характера обводненности исследуемой толщи и проводятся аналогично методам гидрогеологических исследований.

#### **Порядок выполнения.**

Плотность почвы рассчитывают по результатам ее определения объемным буром с использованием зависимости

$$\rho_{об} = \frac{100 P}{V (100 + \beta)}, \text{ г / см}^3. \quad (8.4)$$

Рассчитанная с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup> плотность почвы принимается как средняя для слоя h.

Пористость почвы определяется по формуле

$$A = \left( 1 - \frac{\rho_{об}}{\rho_{уд}} \right) \cdot 100, \% . \quad (8.5)$$

где  $\rho$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{уд}$  – плотность твердой фазы (удельная масса) почвы, определяемая в лаборатории пикнометрическим методом, г/см<sup>3</sup>.

Влажность почвы (% от сухой массы) при ее полной влагоемкости рассчитывают по зависимости

$$\beta_{ПВ} = A / \rho_{об}, \% . \quad (8.6)$$

Наименьшую влагоемкость определяют путем построения приведенного на рис. 8.3 графика по данным полевого опыта на заливаемой площадке (приложение 3).

Для установления оптимального диапазона почвенных влагозапасов рассчитывается их значение при верхней ( $W_{\max}$ , мм) и нижней ( $W_{\min}$ , мм) границах этого диапазона:

$$W_{\max} = 10 h \rho_{\text{об}} \beta_{\text{НВ}}, \quad (8.7)$$

где  $\beta_{\text{НВ}}$  – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, полученная по графику (пример на рис. 8.3), % от массы сухой почвы.

Нижняя граница оптимального диапазона принимается в пределах 0,6 – 0,8 от верхней в зависимости от намеченного сельскохозяйственного использования земель.

Для построения графика динамики влагозапасов почвы (рис.8.4) данные приложения 4 пересчитываются по формуле (8.7), где вместо  $\beta_{\text{НВ}}$  подставляются декадные значения влажности почвы  $\beta$ . На график наносятся также границы оптимального диапазона влагозапасов при  $W_{\max}$  и  $W_{\min}$ .

По данному графику определяются периоды переувлажнения почвы (при  $W_i > W_{\max}$ ), переосушки (при  $W_i < W_{\min}$ ) и делается вывод о необходимости и видах гидромелиоративных мероприятий.

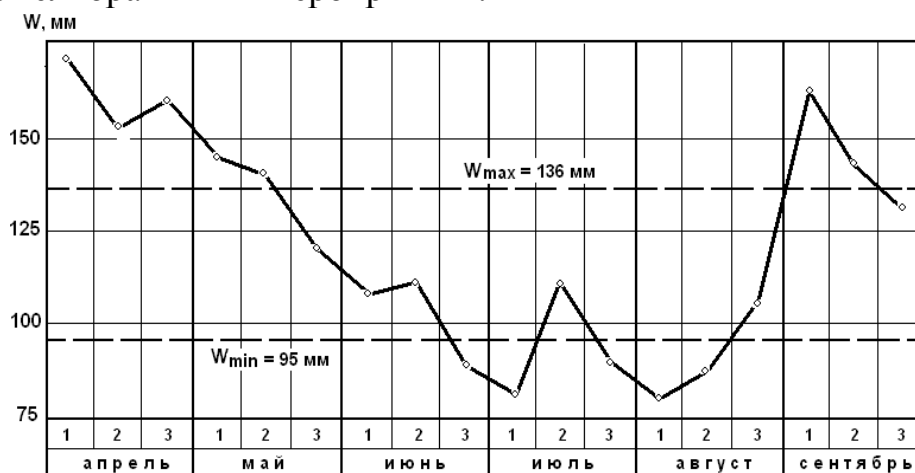


Рис. 8.4. График динамики влагозапасов почвы по декадам вегетационного периода

### Пример выполнения

Для примера расчетов используем данные нижней строки табл. 8.1.

Плотность почвы рассчитываем по формуле (8.4)

$$\rho_{\text{об}} = \frac{100 \cdot 266}{150 (100 + 19)} = 1,49 \text{ г / см}^3.$$

Пористость почвы определим по формуле (8.5)

$$A = \left( 1 - \frac{1,49}{2,56} \right) \cdot 100 = 41,8\%.$$

Влажность почвы (% от сухой массы) при ее полной влагоемкости рассчитаем по зависимости (8.6)

$$\beta_{\text{ПВ}} = 41,8 / 1,49 = 28,1\%.$$

Наименьшую влагоемкость ( $\beta_{\text{НВ}}$ , % от массы почвы) определим путем построения графика (см. рис. 8.3) по данным приложения 3.

С горизонтального участка кривой графика, осредняющей опытные точки, снимаем на вертикальную ось значение  $\beta_{\text{НВ}} = 18,3\%$ .

Определяем оптимальный диапазон почвенных влагозапасов путем расчета верхней ( $W_{\text{max}}$ , мм) и нижней ( $W_{\text{min}}$ , мм) границ этого диапазона. При этом принимаем  $W_{\text{min}} = 0,7 W_{\text{max}}$ .

$$W_{\text{max}} = 10 \cdot 0,5 \cdot 1,49 \cdot 18,3 = 136 \text{ мм};$$

$$W_{\text{min}} = 136 \cdot 0,7 = 95 \text{ мм}.$$

Для построения графика динамики влагозапасов почвы (рис.8.4) данные приложения 4 (вариант примера) пересчитываем по формуле (8.7), где вместо  $\beta_{\text{НВ}}$  подставляем декадные значения влажности почвы  $\beta_i$ . Так для первой расчетной декады получим:

$$W_1 = 10 \cdot 0,5 \cdot 1,49 \cdot 22,8 = 170 \text{ мм}.$$

Аналогичным образом рассчитываем влагозапасы почвы для всех остальных декад и наносим их значения на график соответственно середине каждой декады. Полученные точки соединяем прямыми отрезками, получая ломаную линию сезонной динамики влагозапасов. На графике также проводим верхнюю и нижнюю границы оптимального диапазона почвенных влагозапасов согласно их рассчитанным значениям.

Полученный график динамики влагозапасов почвы по декадам вегетационного периода наглядно показывает периоды, в течение которых влагозапасы находились в пределах их оптимального (благоприятного) диапазона, а также выходили за его пределы, превышая верхнюю границу  $W_{\text{max}}$  либо опускаясь ниже нижней границы  $W_{\text{min}}$ .

Пользуясь графиком, следует отметить даты наступления и окончания периодов переувлажнения и недостатка влаги, соответствующие точкам пересечения линии динамики влагозапасов верхней и нижней границ.

### Контрольные вопросы

1. Какие показатели определяют водные свойства почвы?
2. В чем суть термостатно-весового метода определения влажности почвы?
3. С помощью каких приборов определяется плотность почвы и плотность твердой фазы почвы?
4. Что такое влагозапасы почвы и как определяется их оптимальный диапазон?
5. Что такое полная и наименьшая влагоемкость почвы и как они определяются?

## Практическая работа № 9 ПРОГНОЗНЫЕ РАСЧЕТЫ ВОЗМОЖНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

**Цель** – освоить методику прогнозных расчетов возможности загрязнения подземных вод при орошении с использованием животноводческих стоков.

### **Основные задачи.**

1. Рассчитать время достижения уровня грунтовых вод сточными водами на участке орошения.
2. Определить концентрацию загрязняющих веществ под массивом орошения на  $j$ -й год после начала орошения.
3. Выполнить прогноз распространения загрязнения по водоносному горизонту и возможности его подтягивания к подземным водозаборам.

### **Исходные данные.**

- 1)  $q$  – удельный расход подаваемых на орошение стоков ( $q = 0,0015 \dots 0,010$  м/сут).
  - 2)  $H$  – глубина УГВ или мощность зоны аэрации ( $H = 5 \dots 30$  м).
  - 3)  $K$ ,  $A$  – коэффициент фильтрации и пористость грунтов зоны аэрации ( $K = 0,05 \dots 1,0$  м/сут); ( $A = 0,35 \dots 0,50$ ).
  - 4)  $m$  – мощность водоносного горизонта ( $m = 10 \dots 20$  м).
  - 5)  $L$  и  $S$  – длина (в направлении естественного потока грунтовых вод) и ширина массива орошения, м.
  - 6)  $P_{\min}$ ,  $\mu$  – минимальная норма годовых осадков и их коэффициент использования ( $P_{\min} = 0,5$  м;  $\mu = 0,85$ ).
  - 7) Оросительная норма ( $M = 800 \text{--} 1200$  м<sup>3</sup>/га.).
  - 8)  $C_o$ ,  $C_\phi$  – концентрации загрязняющих веществ (фоновая и в сточных водах) ( $C_o = 0$ ;  $C_\phi = 0,2 \dots 0,5$  г/л).
  - 9)  $T_m$  – продолжительность межполивного периода (220...250 сут).
  - 10)  $i$  – уклон естественного потока грунтовых вод ( $i = 0,2 \dots 0,5$ ).
  - 11)  $Q$  – дебит водозаборной скважины ( $Q = 240 \dots 480$  м<sup>3</sup>/сут).
- Исходные данные по вариантам расчетов приведены в табл. 9.1.

### **Теоретическая часть.**

Прогнозные расчеты могут проводиться с целью оценки:

- загрязнения воды рек и озер поверхностным и дренажным стоком мелиоративных систем;
- понижения уровня грунтовых вод на прилегающих к осушительным системам территориях;
- возможности и степени (концентрации) загрязнения подземных вод коммунальными и животноводческими стоками;
- подтопления прилегающих территорий и величины фильтрационных потерь воды из проектируемых прудов и водохранилищ.

Прогнозные расчеты суммарного *выноса и концентраций биогенных веществ и ядохимикатов* в поверхностном и дренажном стоке выполняются для проектируемого водного объекта и примыкающей территории в пределах

площади водосбора его устьевом створа. Расчетными периодами являются спад весеннего половодья, летне-осенние паводки и летняя межень. Концентрация загрязняющего компонента в стоке реки или магистрального канала не должна превышать значений, приведенных в табл. 9.2.

Таблица 9.1. **Исходные данные для прогноза возможного загрязнения подземных вод при орошении животноводческими стоками**

Вариант	q, м/сут	K, м/сут	H, м	A	m, м	L × S, м	C <sub>ф</sub> , г/л	i	Q, м <sup>3</sup> /сут
1	0,0015	0,050	6	0,35	20	300×600	0,50	0,20	240
2	0,0018	0,060	8	0,36	19	350×600	0,47	0,18	260
3	0,0021	0,070	10	0,37	18	350×620	0,43	0,17	280
4	0,0025	0,080	12	0,38	18	400×600	0,40	0,15	300
5	0,0030	0,100	15	0,40	17	430×600	0,38	0,13	320
6	0,0042	0,120	18	0,41	16	470×590	0,35	0,11	340
7	0,0050	0,150	20	0,42	15	500×600	0,32	0,10	360
8	0,0060	0,280	22	0,43	14	510×580	0,30	0,10	380
9	0,0070	0,440	24	0,44	13	520×570	0,29	0,09	400
10	0,0080	0,650	25	0,46	12	550×600	0,28	0,08	420
11	0,0090	0,810	26	0,47	11	560×580	0,25	0,07	440
12	0,0095	0,940	28	0,49	11	580×570	0,22	0,06	460
13	0,0100	0,010	30	0,50	10	600×600	0,20	0,05	480
14	0,0019	0,065	9	0,37	19	350×610	0,45	0,18	270
15	0,0036	0,112	15	0,40	16	460×570	0,37	0,12	330
16	0,0092	0,910	27	0,48	10	570×590	0,23	0,07	450
17	0,0019	0,065	9	0,36	14	510×580	0,30	0,10	385
18	0,0022	0,075	11	0,37	13	520×570	0,29	0,09	405
19	0,0027	0,085	13	0,38	12	550×600	0,28	0,08	425
20	0,0032	0,105	16	0,40	11	560×580	0,25	0,07	445
21	0,0045	0,125	19	0,41	11	580×570	0,22	0,06	465
22	0,0056	0,155	21	0,42	10	600×600	0,20	0,05	485
23	0,0063	0,285	23	0,43	19	350×610	0,45	0,18	275
24	0,0074	0,445	27	0,44	16	460×580	0,36	0,12	335
25	0,0082	0,655	29	0,46	10	570×590	0,23	0,07	455
10	0,0085	0,655	24	0,47	12	560×590	0,27	0,08	430
12	0,0094	0,935	28	0,48	11	570×590	0,22	0,06	440
14	0,0020	0,064	9	0,39	19	360×600	0,43	0,17	280
16	0,0088	0,905	29	0,46	12	560×590	0,23	0,09	435
18	0,0028	0,078	11	0,38	13	530×570	0,28	0,10	410
Пример	0,0035	0,110	16	0,45	15	460×580	0,36	0,12	330

Таблица 9.2. **Предельно допустимая концентрация (ПДК) наиболее часто встречающихся вредных веществ в поверхностных водах, мг/л**

Наименование веществ и показателей	Водопользование	
	Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое	Рыборазведение
Аммоний NH <sub>4</sub> (по азоту)	1,0	0,39
Аммиак NH <sub>3</sub> OH (по азоту)	2,0	0,05
Нитриты NO <sub>2</sub> (по азоту)	0,002	0,02
Нитраты NO <sub>3</sub> (по азоту)	10,0	9,0
Нефтепродукты	0,3	0,05
Фенолы	0,001	0,001
Железо общее	0,5	0,1

### Порядок выполнения.

Прогноз качества подземных вод включает две основные оценки: а) времени достижения стоками уровня грунтовых вод; б) концентрации загрязняющих веществ в грунтовых водах под орошаемым массивом.

Время ( $T$ , сут) достижения стоками уровня грунтовых вод под орошаемым массивом оценивается по формуле

$$T = \frac{AH}{\sqrt[3]{q^2 K}}, \quad (9.1)$$

где  $H$  – мощность зоны аэрации (глубина залегания уровня грунтовых вод), м;

$A$  – пористость грунтов зоны аэрации в долях единицы;

$K$  – коэффициент фильтрации грунтов зоны аэрации;

$q$  – удельный расход подаваемых на орошение стоков, м/сут;  $q = Q_c/F$ ;

$Q_c$  – общий расход подаваемых стоков, м<sup>3</sup>/сут;;

$F$  – орошаемая площадь, м<sup>2</sup>.

Данная формула применяется при  $K \geq q$ , т.е. при орошении дождеванием, когда происходит свободная фильтрация стоков без образования слоя жидкости на поверхности поля. Если зона аэрации имеет неоднородный, например, двухслойный характер, то время  $T$  рассчитывается для каждого слоя в отдельности и складывается.

Сравнивая полученное время  $T$  с временем выживаемости бактерий (около 300 сут), оценивают возможность попадания микроорганизмов в грунтовые воды и возникновения их бактериального загрязнения.

Прогнозный расчет концентрации загрязняющих веществ (нитратов) в грунтовых водах проводится с учетом их начального объема под массивом орошения ( $W_0$ , м<sup>3</sup>), объема профильтровавшихся сточных вод ( $W_\phi$ , м<sup>3</sup>) и объема профильтровавшихся осадков ( $W_p$ , м<sup>3</sup>). Концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) в грунтовых водах к концу первого года орошения ( $C_1$ , г/л) определяется по формуле

$$C_1 = \frac{W_0 C_0 + W_\phi C_\phi + W_p C_p}{W_0 + W_\phi + W_p}, \quad (9.2)$$

где  $C_0$  – начальная (фоновая) концентрация ЗВ в грунтовых водах, г/л;

$C_\phi$ ,  $C_p$  – концентрация загрязняющих веществ в сточных водах и атмосферных осадках, г/л.

В практических расчетах величины  $C_\phi$  и  $C_p$  обычно принимаются равными нулю.

При прямоугольной форме орошаемого массива (рис.6.1), имея его ширину ( $S$ , м), длину ( $L$ , м) и мощность водоносного горизонта ( $m$ , м), начальный объем ( $W_0$ , м<sup>3</sup>) определяется как

$$W_0 = L S m A. \quad (9.3)$$

Величина  $W_\phi$  принимается в пределах 10–30 % от годового объема поданных на орошение стоков  $W_c$ , который в свою очередь определяется

умножением проектной оросительной нормы ( $M$ , м<sup>3</sup>/га) на площадь орошения ( $F$ , га). Величину оросительной нормы можно принять в пределах 800–1200 м<sup>3</sup>/га.

Объем профильтровавшихся осадков рассчитывается по формуле

$$W_p = S L P_{\min} (1 - \mu), \quad (9.4)$$

где  $P_{\min}$  – минимальная норма годовых осадков, м;  
 $(1 - \mu)$  – коэффициент просачивания осадков.

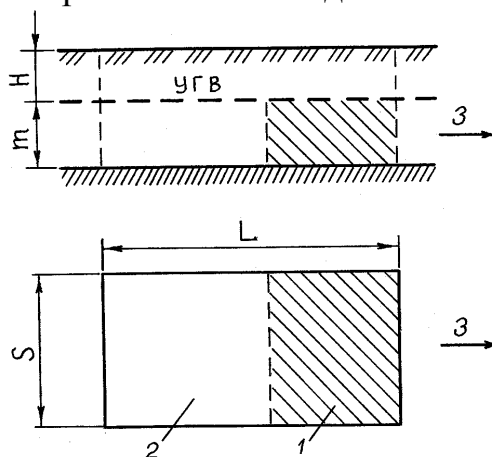


Рис. 9.1. Схема к расчету концентрации загрязняющих веществ в грунтовых водах: 1 – зона грунтовых вод, загрязненных в предыдущий поливной период; 2 – зона чистых грунтовых вод; 3 – направление потока грунтовых вод

Ввиду наличия естественного потока грунтовых вод в течение межполивного периода происходит отжатие загрязненных с концентрацией  $C_1$  вод вниз по потоку чистыми (фоновыми) грунтовыми водами. В следующие поливные периоды (годы) фильтрующиеся стоки опять смешиваются с грунтовыми водами, которые теперь состоят из двух частей: образовавшихся в предыдущий поливной период загрязненных вод ( $\Delta W_{j-1}$ , м<sup>3</sup>) и чистых грунтовых вод ( $\Delta W_0$ , м<sup>3</sup>). Прогнозная оценка концентрации ЗВ в грунтовых водах к концу  $j$ -го года орошения выполняется с использованием зависимости

$$C_j = \frac{\Delta W_0 C_0 + \Delta W_{j-1} C_{j-1} + W_\phi C_\phi}{\Delta W_0 + \Delta W_{j-1} + W_\phi + W_p} \quad (9.5)$$

где  $C_{j-1}$  – концентрация загрязняющих веществ в грунтовых водах к концу года, предшествующего расчетному, г/л.

Объемы  $\Delta W_0$  и  $\Delta W_{j-1}$  – определяются с учетом скорости потока грунтовых вод:

$$\Delta W_0 = S V T_M m A; \quad (9.6)$$

$$\Delta W_{j-1} = S(L - VT_M) m A, \quad (9.7)$$

где  $V = Ki/A$  – скорость потока грунтовых вод, м/сут;

$K$  – коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут;

$i$  – уклон (градиент) потока грунтовых вод;



$T_m$  – продолжительность межполивного интервала (октябрь – апрель), сут.

Расстояние, проходимое загрязненными водами в течение каждого года вниз по потоку, определяется умножением скорости потока ( $V$ , м/сут) на число суток в году.

При наличии водозаборных скважин (рис.9.2), расположенных вблизи орошаемого массива выше по потоку (скважина А) и сбоку (скважина В), выполняется прогноз подтягивания к ним загрязненных вод.

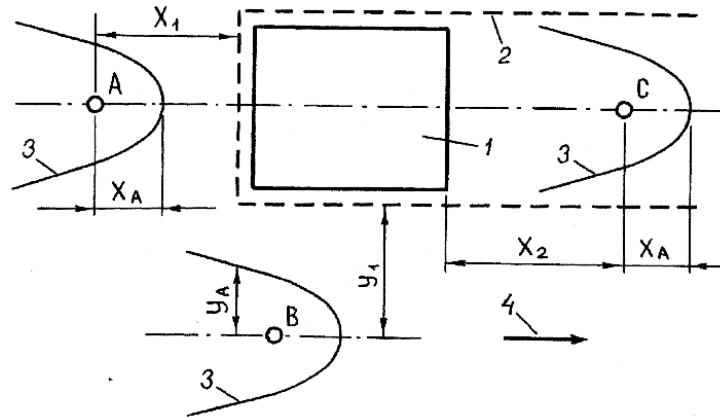


Рис. 9.2. Схема к прогнозу подтягивания загрязненных вод к скважинам:

- 1 – орошаемый массив; 2 – санитарный контур (граница области растекания);  
3 – границы области питания скважин; 4 – направление потока грунтовых вод.

Подтягивание произойдет, если радиусы областей питания этих скважин превысят расстояние до санитарного контура, т.е. при выполнении условий  $X_A > X_1$  и  $Y_A > Y_1$ . Величины  $X_A$  и  $Y_A$  (м) рассчитываются по формулам

$$X_A = \frac{Q}{2\pi mKi}; \quad Y_A = \frac{Q}{2mKi}, \quad (9.8)$$

где  $Q$  – дебит водозаборной скважины, м<sup>3</sup>/сут.

Остальные обозначения прежние.

В тех случаях, когда область питания скважины захватывает загрязненные воды, или когда скважина находится внутри области растекания загрязненных вод (скважина С), выполняется оценка времени подтягивания этих вод ( $T_{п}$ , сут) к эксплуатационной скважине.

Для скважин А и В:

$$T_{п} = \frac{\pi mAl}{Q}, \quad (9.9)$$

где  $l$  – расстояние от скважины до санитарного контура, равное  $X_1$  или  $Y_1$ , м.

Для скважины С:

$$T_{п} = \frac{A}{V} \left[ X_2 - X_A \ln \left( \frac{X_2}{X_A} + 1 \right) \right]. \quad (9.10)$$

Проведенные прогнозные расчеты позволяют установить необходимость и сроки переноса водозаборных скважин на новое место и осуществлять проектирование других водоохраных мероприятий.

### Пример выполнения

Для примера расчетов используем данные нижней строки табл.9.1.

Время достижения стоками уровня грунтовых вод

$$T = \frac{0,45 \cdot 16}{\sqrt[3]{0,0035 \cdot 2 \cdot 0,110}} = 659 \text{ сут.}$$

Поскольку величина  $T$  оказалась больше времени выживаемости бактерий (около 300 сут), возможность попадания микроорганизмов в грунтовые воды в нашем случае отсутствует.

Для расчета концентрации загрязняющих веществ предварительно определим следующие параметры

Площадь орошения  $F = 460 \cdot 580 = 266800 \text{ м}^2 = 26,68 \text{ га}$ .

Объем подаваемых стоков  $W_c = M \cdot F = 1000 \cdot 26,68 = 26680 \text{ м}^3$ .

Объем профильтровавшихся стоков (принимаем 20% от  $W_c$ ).

Тогда

$$W_{\phi} = 26680 \cdot 0,20 = 5336 \text{ м}^3.$$

Начальный объем  $W_o = 460 \cdot 580 \cdot 15 \cdot 0,45 = 1800900 \text{ м}^3$ .

Объем профильтровавшихся осадков

$$W_p = 460 \cdot 580 \cdot 0,4 (1 - 0,85) = 16008 \text{ м}^3.$$

Концентрация загрязняющих веществ (нитратов) в грунтовых водах к концу первого года орошения составит:

$$C_1 = \frac{1800900 \cdot 0 + 5336 \cdot 0,36 + 16008 \cdot 0}{1800900 + 5336 + 16008} = 0,00105 \text{ г / л.}$$

Для расчета концентрации загрязняющих веществ к концу второго года орошения определим величины:

$$V = 0,110 \cdot 0,12 : 0,45 = 0,029 \text{ м/сут};$$

$$\Delta W_o = 580 \cdot 0,029 \cdot 230 \cdot 15 \cdot 0,45 = 26113 \text{ м}^3;$$

$$\Delta W_1 = 580 (460 - 0,029 \cdot 230) \cdot 15 \cdot 0,45 = 1774787 \text{ м}^3;$$

$$C_2 = \frac{26113 \cdot 0 + 1774787 \cdot 0,00105 + 5336 \cdot 0,36}{26113 + 1774787 + 5336 + 16008} = 0,00208 \text{ г / л.}$$

Определение концентрации загрязняющих веществ к концу третьего года выполняется аналогично предыдущему расчету по формулам 9.5–9.7, где вместо  $\Delta W_1$  и  $C_1$  используются значения  $\Delta W_2$  и  $C_2$ .

Полученные в итоге значения  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  нужно представить в виде графика изменения концентрации загрязняющих веществ по расчетным годам.

## Контрольные вопросы

1. Какова цель прогнозных расчетов возможности загрязнения подземных вод при орошении животноводческими стоками?
2. Какое время достижения стоками уровня грунтовых вод считается безопасным?
3. От чего зависит прогнозная оценка концентрации загрязнения грунтовых вод?
4. Как изменяется концентрации загрязняющих веществ с увеличением срока эксплуатации объекта?

## Практическая работа № 10

### КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ И ВИДЫ КЛИМАТОВ

**Цель** – получить общее представление о климате, климатообразующих факторах и видах климатов.

**Основные задачи:**

1. Освоить понятия локального и глобального климата
2. Изучить основные климатообразующие факторы, их взаимосвязь и механизмы их воздействия.
3. Изучить виды и основные типы климатов.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,4,10,19], конспект лекций, учебные плакаты.

**Теоретическая часть.**

Различают понятия локального и глобального климата.

Под климатом в узком смысле слова, или *локальным климатом*, понимают совокупность атмосферных условий за многолетний период, свойственных тому или иному месту в зависимости от его географической обстановки. В таком понимании климат является одной из физико-географических характеристик местности.

Климатом в широком смысле, или *глобальным климатом*, называется статистическая совокупность состояний, проходимых *системой «атмосфера – океан – суша – криосфера – биосфера»* за периоды времени в несколько десятилетий.

Климатообразующими факторами являются физические механизмы, определяющие внешние воздействия на климатическую систему, а также основные взаимодействия между ее звеньями. В наиболее общем случае эти факторы можно разделить на три группы.

1. Внешние астрономические факторы – светимость Солнца, движение Земли в Солнечной системе, наклон ее оси вращения к плоскости орбиты и

скорость вращения. Эти факторы определяют изменения инсоляции, режима приливов, параметров орбиты и собственного вращения Земли.

2. Внешние по отношению к климатической системе геофизические факторы – размеры и масса Земли, ее гравитационное и магнитное поля, внутренние источники тепла, вулканизм.

3. Внутренние геофизические факторы – масса и состав атмосферы, особенности подстилающей поверхности (рельеф, географическое распределение континентов и океанов), масса и состав океанов, структура деятельного слоя суши.

### Порядок выполнения.

Рекомендуется следующий порядок изучения учебного материала.

По степени воздействия в качестве основных климатообразующих факторов выделяют *солнечную радиацию, циркуляцию атмосферы и характер земной поверхности*. Их постоянное взаимодействие и изменения в количественном выражении в различные геологические эпохи приводят к разным условиям формирования природной среды.

Развитие теории формирования глобального климата потребовало количественного учета взаимодействий всех составляющих системы «атмосфера–океан–суша–криосфера–биосфера». Указанные компоненты глобальной климатической системы непрерывно взаимодействуют и обмениваются между собой энергией и веществом. Временные масштабы этих взаимодействий весьма различны и лежат в пределах от месяцев до сотен миллионов лет. Так, поверхностные слои суши взаимодействуют с расположенной над ними атмосферой в масштабах времени от нескольких недель до месяцев, а изменения циркуляции атмосферы, создаваемые дрейфом континентов, происходят на протяжении десятков и сотен миллионов лет.

На рис. 10.1 схематически представлены компоненты климатической системы и различные процессы, которые влияют на формирование климата и его изменения.

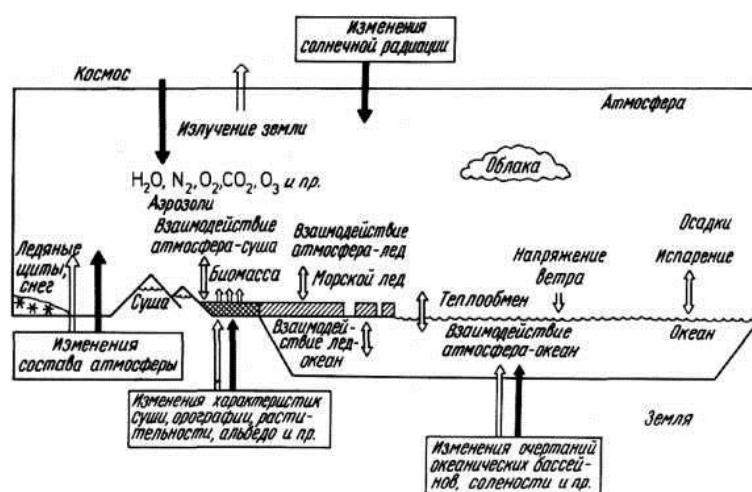


Рис. 10.1. Компоненты климатической системы атмосфера – океан – поверхность снега, льда и суши – биомасса (схема); зачерненные стрелки – внешние процессы; светлые стрелки – внутренние процессы, приводящие к изменениям климата

Эти процессы можно разделить на *внешние* (черные стрелки) и *внутренние* (полые стрелки).

Как видно, к *внешним* процессам можно отнести: приток солнечной радиации и его изменения; изменения состава атмосферы, вызванные вулканическими процессами в литосфере и притоком аэрозолей и газов из космоса; изменения очертаний океанических бассейнов, солености, характеристик суши, орографии, растительности.

К *внутренним* процессам относятся: взаимодействие атмосферы с океаном, с поверхностью суши и льдом (теплообмен, испарение, осадки, напряжение ветра), взаимодействие лед — океан, изменение газового и аэрозольного состава атмосферы, облачность, снежный и растительный покров, рельеф и очертания материков.

Каждому состоянию глобального климата соответствуют свои закономерности в *теплообороте, влагообороте и атмосферной циркуляции*, т.е. в трех комплексах *климатообразующих процессов*, формирующих локальный климат в каждой точке Земли. Именно от процессов теплооборота, влагооборота и атмосферной циркуляции зависит многолетний режим метеорологических величин: суточный и годовой ход радиации, температуры, осадков и других величин, их изменчивость в каждой точке Земли, среднее распределение по земной поверхности, типичное изменение с высотой.

Все три климатообразующих процесса взаимно связаны. Например, на тепловой режим подстилающей поверхности, а следовательно, и атмосферы влияет облачность, задерживающая приток прямой солнечной радиации. Образование облаков — один из элементов влагооборота. Но оно зависит, в свою очередь, от температуры подстилающей поверхности и стратификации атмосферы, а эти последние в определенной степени зависят от адвекции тепла, т. е. общей циркуляции атмосферы. Общая циркуляция, кроме того, создает перенос водяного пара и облаков. Географическая обстановка влияет на все три климатообразующих процесса

Основными *географическими* факторами климата являются: географическая широта; высота над уровнем моря; распределение суши и воды на поверхности земного шара; орография (формы рельефа) поверхности суши; океанические течения; растительный, снежный и ледяной покров.

В настоящее время особое место занимает *деятельность человеческого общества*, оказывающая все большее влияние на климатообразующие процессы и тем самым на климат в целом.

*Основные типы климатов* подразделяются на подтипы в соответствии с сезонностью и годовым ходом осадков и температуры.

Классификация Л. С. Берга определяет типы климата в соответствии с ландшафтно-географическими зонами вечного мороза, тундры, тайги, широколиственных лесов умеренного пояса, муссонов (в умеренных широтах), степей, внетропических пустынь, средиземноморских и субтропических лесов, тропических пустынь и лесостепей (саванн) и влажных тропических лесов.

М.И. Будыко и А.И. Григорьев предложили классифицировать климат:

1) по условиям увлажнения – избыточно влажный, недостаточно влажный и сухой;

2) в соответствии с температурным режимом теплого периода года – очень холодный, холодный, умеренно-теплый, очень теплый;

3) в соответствии с температурными условиями и снежностью зимы – суровой малоснежной, суровой снежной, умеренно суровой малоснежной, умеренно суровой снежной, умеренно-мягкой, мягкой.

Б. П. Алисов классифицировал типы климата по генетическому принципу. В каждом полушарии он выделил четыре пояса:

1) экваториальный; 2) тропический; 3) умеренный; 4) арктический.

Для каждого из этих поясов характерны свои закономерности циркуляции атмосферы, преобладают массы воздуха одного типа.

Границы поясов от сезона к сезону сменяются, поэтому принято выделять переходные пояса – субэкваториальный, субтропический, субарктический и др.

У каждого широтного пояса, за исключением экваториального, существуют четыре основных типа климата: 1) континентальный; 2) морской; 3) западных побережий; 4) восточных побережий.

Особенности континентального и морского климатов обуславливают различные свойства воздушных масс, формирующихся над сушей и водной поверхностью. Сухой климат, при котором атмосферной влаги не хватает на вегетацию растений, называется *аридным*; климат с избыточной влагой (когда осадки превышают испарение) называется *гумидным*.

В настоящее время принято различать 10 типов климатов.

1. Тропический влажный, или экваториальный климат – жаркий, с дождями в течение всего года, иногда – с двойным максимумом осадков. Амплитуда температур 2 °С. Годовое количество осадков – 1506 мм (как в Энтеббе, Уганда).

2. Тропический переменно-влажный климат: дожди – преимущественно зимой, летом часто жарче, чем в экваториальном поясе, из-за меньшей облачности. Амплитуда температур 8 °С. Годовое количество осадков – 1395 мм (Кунаба, Бразилия).

3. Тропический муссонный климат – находится под влиянием крупных континентальных областей низкого давления; в жаркий сезон – дожди. Амплитуда температур 11 °С. Годовое количество осадков – 1600 мм (Калькутта, Индия).

4. Жаркий пустынный климат: резкий перепад дневных и ночных температур. Амплитуда температур 23 °С. Годовое количество осадков – 15 мм (Аин-Салах, Алжир).

5. Средиземноморский климат – засушливые летние месяцы, зимой – дожди, связанные с областями низкого давления умеренного пояса. Амплитуда температур 6 °С. Годовое количество осадков – 506 мм (Вальпарансо, Чили).

6. Субтропический климат; иначе называется “китайским типом”. Амплитуда температур 16 °С. Годовое количество осадков – 1458 мм.

7. Умеренный морской климат – формируется под влиянием моря и среднеширотных областей низкого давления. Амплитуда температур 13 °С. Годовое количество осадков – 610 мм (Лондон, Велико-британия).

8. Умеренный континентальный климат: экстремальные температуры связаны с удалением от моря. Амплитуда температур 22 °С. Годовое количество осадков – 559 мм (Варшава, Польша).

9. Бореальный климат: исключительно холодные зимы, летние дожди в результате конвекции. Амплитуда температур 45 °С. Количество осадков – 320 мм (Доупсон Сити, США).

10. Полярный климат: снег и лед сохраняются круглый год. Амплитуда температур 19°С. Годовое количество осадков – 362 мм (Моусон, Антарктида).

### Контрольные вопросы

1. Назовите объекты изучения климатологии и метеорологии.
2. В чем состоит различие локального и глобального климата?
3. Что относится к общим климатообразующим факторам?
4. Какие условия являются географическими факторами климата?
5. Назовите основные критерии классификации климатов Земли.

### Практическая работа № 11 ВЕРТИКАЛЬНОЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

**Цель** – получить общее представление о климате, климатообразующих факторах и видах климатов.

**Основные задачи:**

1. Освоить понятия локального и глобального климата
2. Изучить основные климатообразующие факторы, их взаимосвязь и механизмы их воздействия.
3. Изучить виды и основные типы климатов.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,4,10,19], конспект лекций, учебные плакаты.

**Теоретическая часть.**

Пространственное *строение* земной атмосферы имеет различную физическую природу и закономерности в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Атмосфера не имеет определенной верхней границы. Она плавно и постепенно переходит в межпланетную среду. Условно метеорологической

границей атмосферы можно считать высоту 1000 – 1200 км, где еще иногда наблюдаются полярные сияния. Спутниковые данные об изменении плотности воздуха с высотой позволяют считать, что плотность атмосферы приближается к плотности межпланетной среды, начиная с высоты 2000 – 3000 км.

Масса всей атмосферы Земли составляет примерно  $5,27 \times 10^{18}$  кг. Большая часть ее сосредоточена в относительно тонком слое, прилегающем к земной поверхности. Половина всей массы атмосферы сосредоточена в слое до высоты примерно 5,5 км, 75% - до высоты около 11 км, 95% - до высоты 20 км.

В атмосфере наблюдается пространственное изменение всех метеорологических величин. Наиболее сильное их изменение происходит *по вертикали*. Например, температура по вертикали изменяется в несколько сотен раз быстрее, чем по горизонтали.

#### **Порядок выполнения.**

Рассматривая изменение по вертикали температуры, электрических свойств, состава и других характеристик воздуха, атмосферу можно разделить на ряд слоев (сфер). В настоящее время используется несколько признаков, на основании которых атмосферу делят на слои (сферы) в вертикальном направлении:

- а) распределение температуры по высоте;
- б) состав атмосферного воздуха и наличие заряженных частиц;
- в) взаимодействие атмосферы с земной поверхностью;
- г) влияние атмосферы на летательные аппараты.

Наиболее отчетливо различие слоев атмосферы проявляется в характере распределения *температуры воздуха с высотой*.

По этому признаку выделяют *пять основных сфер* (рис. 11.1):

- *тропосфера* (в среднем до высоты 11 км);
- *стратосфера* (от 11 до 50–55 км);
- *мезосфера* (от 50–55 до 90 км);
- *термосфера* (от 90 до 450 км);
- *экзосфера* (свыше 450 км).

Между этими слоями имеются прослойки относительно небольшой вертикальной протяженности. Их принято называть по нижележащему слою, заменив в его названии часть слова «сфера» на «пауза». Например, между тропосферой и стратосферой находится тропопауза. Между остальными сферами располагаются соответственно стратопауза, мезопауза и термопауза.

*Тропосфера* (по-гречески «тропос» значит «вращаться и перемешиваться» - самый нижний слой атмосферы, начинающийся от земной поверхности. Ее высота зависит от времени года, широты места, а также от характера циркуляции воздуха. На одной и той же широте верхняя граница тропосферы опускается зимой и поднимается летом.



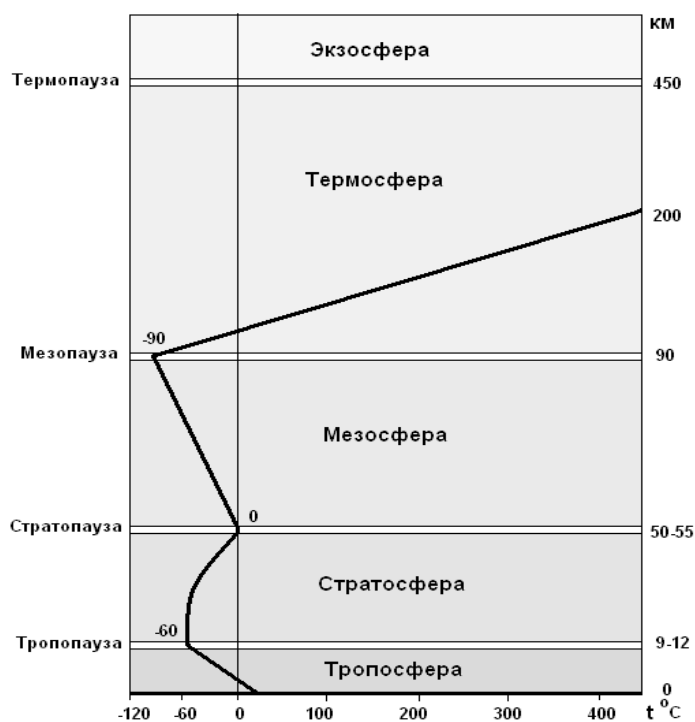


Рис. 11.1. Вертикальное строение земной атмосферы

В одно и то же время года вертикальная протяженность тропосферы в умеренных широтах составляет 9–12 км, к полюсам она уменьшается до 8–10 км, а к экватору возрастает до 16–18 км. Над областями повышенного давления верхняя граница тропосферы опускается (как бы сжимается), а над областями пониженного давления поднимается. В тропосфере наблюдаются перемещения воздуха в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также интенсивное его перемешивание. В тропосфере сосредоточена основная масса водяного пара, происходит образование облаков, выпадение осадков, наблюдаются различные другие метеорологические явления. Характерная особенность тропосферы – убывание температуры с высотой. На каждые 100 м высоты температура убывает в среднем на  $0,65^{\circ}\text{C}$ . Средняя годовая температура на верхней границе тропосферы составляет примерно  $-55^{\circ}\text{C}$  в умеренных широтах,  $-75^{\circ}\text{C}$  над экватором.

Вертикальная протяженность тропопаузы колеблется от нескольких сотен метров до 1–2 км. За ее нижнюю границу принимается высота, на которой температура перестает уменьшаться с высотой или начинает медленно повышаться.

Над тропопаузой до высоты около 50–55 км простирается *стратосфера* (стратум – настил), характеризующаяся ростом температуры с высотой. До высоты 35 км этот рост происходит очень медленно, а выше 35 км температура быстро растет и на верхней границе стратосферы достигает среднегодового значения около  $0^{\circ}\text{C}$  с отклонением  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ . Рост температуры воздуха с высотой в стратосфере объясняется поглощением солнечной радиации озоном. На верхней границе стратосферы температура испытывает резкие колебания в зависимости от времени года и широты места, связанные с колебаниями слоя озона.

Водяной пар в стратосфере содержится в ничтожном количестве, поэтому обычные облака в этом слое не образуются. Только изредка на высотах 20–25 км наблюдаются *перламутровые облака*..

Над стратопазузой расположена *мезосфера* (мезос – средний). До высоты около 80 км в мезосфере наблюдается падение температуры с высотой до значений – 90<sup>0</sup>С. Наблюдения за движением метеорных следов свидетельствуют о том, что скорость ветра в мезосфере достигает 150 м/с. В мезосфере на высотах 82–85 км иногда наблюдаются *серебристые облака*. Над мезосферой расположена мезопазуза.

Выше лежит *термосфера* («термос» по-гречески – «теплый»), в которой температура возрастает с высотой. По косвенным данным и результатам ракетных наблюдений температура на высоте 150 км равна примерно 220–240<sup>0</sup>С, на высоте 200 км достигает 500<sup>0</sup>С, а на верхней границе термосферы превышает 1000<sup>0</sup>С. Рост температуры с высотой объясняется поглощением ультрафиолетовой радиации атомарным кислородом и азотом. Однако температура на указанных высотах характеризует только кинетическую энергию движения молекул. Постороннее же тело, помещенное на эту высоту, вследствие очень сильной разреженности воздуха не воспринимает от него столь высокую температуру.

*Экзосфера* (экзо – внешний), сфера рассеяния – внешний слой атмосферы, простирающийся до так называемой *земной короны*, т.е. постепенно переходящий в межпланетное пространство. Температура в экзосфере возрастает с высотой предположительно до 2000<sup>0</sup>С. В экзосфере газы находятся в весьма разреженном состоянии и частицы их, двигаясь с колоссальными скоростями, почти не сталкиваются друг с другом.

В последнее время космические исследования показали, что водород, ускользающий из экзосферы (процесс диссипации атмосферы), образует вокруг Земли так называемую *земную корону*, простирающуюся от 2000–3000 км до 20000 км. Поскольку на движение заряженных частиц здесь оказывает влияние магнитное поле Земли, эта область называется магнитосферой.

В атмосфере имеется слой с высокой *электрической проводимостью*, образующийся в результате интенсивной ионизации воздуха космическими лучами, ультрафиолетовой и корпускулярной радиацией Солнца. Нижняя граница этого слоя расположена на высоте 60–80 км, а верхняя достигает нескольких сотен километров. Этот слой называется ионосферой.

По составу атмосфера делится на гомосферу и гетеросферу. Гомосфера простирается от поверхности земли до высоты около 100 км. В этом слое процентное содержание основных газов не изменяется с высотой. Остается постоянной и молекулярная масса воздуха. Гетеросфера располагается выше 100 км. Здесь кислород и азот находятся в атомарном состоянии. Молекулярная масса воздуха в гетеросфере уменьшается с высотой.

Слой атмосферы, расположенный между высотами 20 и 55 км и содержащий основную массу озона, называется озоносферой.

По характеру взаимодействия с земной поверхностью атмосферу разделяют на *пограничный слой* (нижний слой 1–1,5 км) и *свободную атмосферу*, расположенную выше этого слоя. Пограничный слой характеризуется *суточными изменениями метеорологических величин*. В этом слое на характер движения воздуха оказывает влияние его трение о земную поверхность. Самую нижнюю часть пограничного слоя (высотой 50–100 м), примыкающую к земной поверхности, называют *приземным слоем*. В этом слое турбулентные потоки тепла и водяного пара мало изменяются с высотой.

По условиям полета ИСЗ и управляемых космических кораблей атмосферу делят на собственно атмосферу (плотные слои) и околоземное космическое пространство, нижняя граница которого располагается на высоте около 150 км. Сопrotивление плотных слоев атмосферы настолько велико, что летательный аппарат с выключенным двигателем не может совершить даже один оборот вокруг Земли (теряет скорость или сгорает).

Атмосфера по своим физическим свойствам неоднородна не только в вертикальном, но и в *горизонтальном* направлении. Изменение метеорологических величин по горизонтали происходит неравномерно. Вся тропосфера разделяется на обширные области (объемы) с относительно однородными условиями погоды, и на сравнительно узкие полосы, в которых происходит резкое изменение метеорологических величин.

Обширные объемы воздуха в тропосфере, обладающие относительно однородными свойствами и перемещающиеся в одном из течений общей циркуляции атмосферы, называются *воздушными массами*. Свойства воздушной массы определяются очагом ее формирования, т.е. характером подстилающей поверхности, над которой она длительное время находилась. Например, воздушной массе, сформированной над районами Арктики, свойственны низкие температура и абсолютная влажность, большая прозрачность, а воздушной массе, сформированной над тропическими районами – высокие температура и абсолютная влажность, низкая прозрачность.

Существуют два критерия классификации воздушных масс:

*а) географический; б) термический.*

За основу географической классификации воздушных масс принято место их формирования. В северном полушарии принято различать следующие воздушные массы:

1) *арктический воздух* (АВ), формирующийся за Полярным кругом, в Арктическом бассейне и над примыкающими частями материков;

2) *умеренный воздух* (УВ), формирующийся в умеренных широтах;

3) *тропический воздух* (ТВ), формирующийся в тропических и субтропических областях, а летом иногда в южных районах умеренных широт над континентом;

4) *экваториальный воздух* (ЭВ), формирующийся в экваториальной зоне и иногда переходящий из одного полушария в другое.

В зависимости от *поверхности*, над которой сформировались воздушные массы, их разделяют на *морские и континентальные*.

Воздушные массы в тропосфере находятся в непрерывном движении, т.е. перемещаются из очага своего формирования в другие области. При перемещении воздушной массы с одной подстилающей поверхности на другую, например, с суши на море, происходит изменение ее характеристик, называемое *трансформацией*. При трансформации иногда может измениться даже географический тип воздушной массы.

В соответствии с термической классификацией воздушных масс их разделяют на *холодные (ХМ)* и *теплые (ТМ)*. Холодной называется воздушная масса, приход которой вызывает похолодание в данном районе. Холодная масса обычно движется на более теплую подстилающую поверхность. Теплой называется воздушная масса, приход которой в данный район вызывает потепление. Теплая масса движется на более холодную подстилающую поверхность. Воздушные массы постоянно взаимодействуют между собой.

В пределах одной воздушной массы метеорологические величины изменяются незначительно. При переходе же из одной воздушной массы в другую происходит скачкообразное изменение метеорологических величин. Переходные зоны между соседними воздушными массами, в которых метеорологические величины быстро изменяются в горизонтальном направлении, называются *фронтальными зонами*, *фронтальными поверхностями* или *просто фронтами*.

Фронтальная зона всегда наклонена в сторону холодного воздуха, но угол ее наклона составляет лишь несколько угловых минут.

Фронты также разделяют на *теплые и холодные* (рис. 11.2).

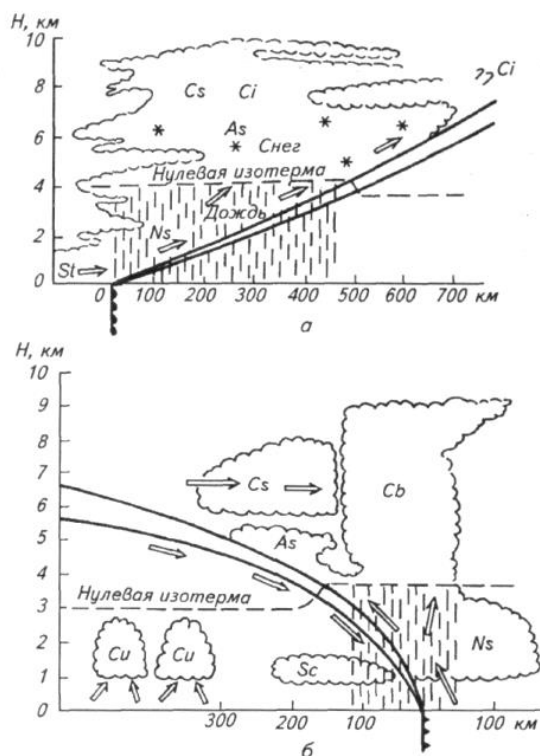


Рис. 11.2. Теплый (а) и холодный (б) фронты (вертикальный разрез)

Если надвигается теплый воздух, который постепенно натекает на отступающий холодный воздух, то фронт называется теплым.

Когда надвигается холодный воздух и клином подтекает под отступающий теплый, вытесняя его вверх, то фронт называется холодным.

Приближению теплого фронта предшествует понижение атмосферного давления, появление перистых, а затем слоисто-дождевых облаков, из которых выпадают осадки. Основные предвестники холодного фронта для прогноза погоды следующие: понижение давления перед прохождением фронта, а также усиление ветра и изменение его направления.

*Стационарные фронты* имеют место в случае отсутствия существенного барического градиента и, как следствие, их малоподвижности. Они могут оставаться неподвижными в течение нескольких суток. При этом погода обычно характеризуется небольшим ветром и обложными осадками в пределах территории, оказавшейся в зоне фронта.

*Фронт окклюзии* образуется вследствие наложения одного фронта на другой. Обычно холодный воздух перемещается быстрее, чем теплый. Поэтому очень часто холодный фронт догоняет впереди идущий теплый фронт, прежде чем размывается циклон. Как правило, такая ситуация складывается в центре циклона. При окклюзировании теплый воздух вытесняется вверх от поверхности земли.

Исходя из географической классификации воздушных масс принято различать три главных фронта: *арктический* – между арктическим и умеренным воздухом, *фронт умеренных широт* – между умеренным и тропическим воздухом, *тропический* – между тропическим и экваториальным воздухом.

Перемещения, трансформация и взаимодействие воздушных масс и фронтальных поверхностей являются важнейшими предметами изучения синоптической метеорологии, так как именно они обуславливают изменения погоды. При прохождении фронтов часто наблюдаются: интенсивное облакообразование, выпадение осадков, усиление ветра, туманы, грозы, шквалы и другие метеорологические явления.

### **Контрольные вопросы**

1. Каков примерный возраст Земной атмосферы?
2. По каким признакам атмосферу делят на слои (сферы) в вертикальном направлении?
3. Какова закономерность вертикального изменения температуры воздуха в тропосфере?
4. Какие основные компоненты входят в состав земной атмосферы?
5. В какую сторону наклонена фронтальная зона в атмосфере?

## Практическая работа № 12

### ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ, ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

**Цель** – ознакомиться с показателями солнечной радиации, изучить методы и средства актинометрических измерений, температуры воздуха и почвы.

#### **Основные задачи:**

1. Изучить состав актинометрических показателей.
2. Изучить устройство и принцип работы приборов для измерения солнечной радиации и радиационного баланса.
3. Изучить устройство и принцип работы термометров для измерения температуры воздуха и почвы.
4. Изучить устройство и принцип работы термографа биметаллического.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,4,10,19], конспект лекций, актинометрические приборы, термометры, термограф биметаллический.

#### **Теоретическая часть.**

Количественно лучистая энергия Солнца характеризуется потоком радиации. Поток радиации – это количество лучистой энергии, которое поступает в единицу времени на единицу поверхности. Выделяют следующие виды лучистой энергии Солнца.

*Прямая солнечная радиация*  $S$  – часть солнечного излучения, приходящего на перпендикулярную лучам поверхность непосредственно от диска солнца.

В системе СИ поток радиации выражается в Вт/м<sup>2</sup>. Ранее он выражался в кал/(мин.см<sup>2</sup>). 1 кал/(мин.см<sup>2</sup>) = 0,698 кВт/м<sup>2</sup>.

Энергетическая освещенность прямой радиации, поступающая на горизонтальную поверхность  $S'$ , вычисляется по формуле:

$$S' = S \cdot \sin h, \quad (12.1)$$

где  $h$  – высота Солнца над горизонтом, град.

*Рассеянная радиация*  $D$  – часть солнечного излучения, рассеянного атмосферой и поступающего от всего небосвода, исключая диск солнца.

Сумма прямой  $S'$  и рассеянной  $D$  радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, называется *суммарной радиацией*  $Q$ :

$$Q = S' + D. \quad (12.2)$$

*Отраженная радиация*  $R_k$  – это часть суммарной радиации, которая отражается от земной поверхности.

Отношение отраженной от земной поверхности радиации  $R_k$  к суммарной  $Q$  называется альбедо  $A$  и выражается в процентах:

$$A = \frac{R_k}{Q} \cdot 100. \quad (12.3)$$

Прямая, рассеянная и отраженная радиация составляет *коротковолновую радиацию*.

Разность между суммарной и отраженной радиацией называется *поглощенной радиацией* или *балансом коротковолновой радиации*:

$$B_k = Q - R_k . \quad (12.4)$$

Нагреваясь за счет солнечной радиации, поверхность земли и атмосфера излучают тепло. Это *длинноволновая радиация*. Разность между излучением земной поверхности  $E_3$  и встречным излучением атмосферы  $E_a$  называется *эффективным излучением*  $E_{эф}$ :

$$E_{эф} = E_3 - E_a . \quad (12.5)$$

Единицей измерения радиационных излучений является киловатт на квадратный метр ( $\text{кВт/м}^2$ ). Часовые и суточные суммы радиационных излучений выражаются в мегаджоулях на квадратный метр ( $\text{МДж/м}^2$ ).

Актинометрические измерения обеспечивают определение часовых и суточных сумм радиационных излучений с точностью до  $0,01 \text{ МДж/м}^2$ . Месячные суммы радиационных излучений вычисляются с точностью до целых, а годовые – до десятков  $\text{МДж/м}^2$ . Для перехода от внесистемных единиц до единиц системы СИ необходимо помнить, что  $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$ ;  $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин} = 697,8 \text{ Вт/м}^2$ ;  $1 \text{ Вт/м}^2 = 1 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2$ ;  $1 \text{ ккал/см}^2 = 41,9 \text{ МДж/м}^2$ .

Температура воздуха является одной из основных характеристик погоды и климата. Температура по Международной практической шкале (МПШ) выражается в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ). Интервал между точками плавления льда ( $0^{\circ}\text{C}$ ) и кипения воды ( $100^{\circ}\text{C}$ ) разделен на 100 равных частей;  $1/100$  часть соответствует  $1^{\circ}\text{C}$ . Для оценки термодинамического состояния атмосферы используется термодинамическая температурная шкала (ТТШ) – Кельвина (ТК). Шкалы отличаются одна от другой началом отсчета. Переход от практической шкалы к термодинамической шкале Кельвина выражается следующим уравнением:

$$\text{ТК} = 273,2^{\circ} + t^{\circ}\text{C} . \quad (12.6)$$

Для измерения температуры используют различные виды термометров: жидкостные, термоэлектрические, электротермометры сопротивления и деформационные термометры. Более распространены жидкостные термометры. Их принцип действия основан на изменении объема жидкости в зависимости от повышения или понижения температуры. В качестве жидкости используется ртуть, спирт и толуол. Отсчеты во всех термометрах делают с точностью  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

### **Порядок выполнения**

После изучения теоретической части упражнения с использованием образцов соответствующих метеорологических приборов выполняется изучение устройства и принципа их работы.

Для проведения актинометрических наблюдений используют следующие актинометрические приборы: актинометр, универсальный пиранометр (походный альбедометр) и балансомер. Актинометр предназначен для измерения прямой солнечной радиации  $S$ .

*Термоэлектрический актинометр Савинова–Янишевского* состоит из приемной части, в качестве которой служит черный диск, сделанный из серебряной фольги и направленный на Солнце. На противоположной стороне диска приклеены активные спаи термоэлектрической батареи из константана и манганина, которые имеют вид звезды. Пассивные спаи приклеены к медному кольцу, которое закреплено на нижнем конце трубки 7 актинометра (рис. 8.1). Внутри трубки имеются семь диафрагм, которые предохраняют приемную часть от воздействия ветра, рассеянной и отраженной радиации.

Для наблюдений актинометр устанавливается так, чтобы его основание 11 и штатив 10 были ориентированы стрелками на север. Затем актинометр устанавливают по широте. Для этого ослабляют винт 2 и ставят сектор широт 9 соответственно широте места. С помощью винтов 3 и 6 направляют трубу 7 на Солнце. Ось 8 штатива и винт 6 располагаются по сторонам света. Можно вращать винт 6 и вести трубку за Солнцем, корректируя ее наклон на оси 4 соответственно магнитному азимуту. Направление трубки на Солнце осуществляется при помощи экрана 5 на нижнем конце трубки, где должна концентрично располагаться тень от оправы на верхнем конце трубки. Колпачок 1 одевается на трубу при определении контроля места нуля. Термобатарея актинометра при помощи электрических проводов соединяется с гальванометром или интегратором.

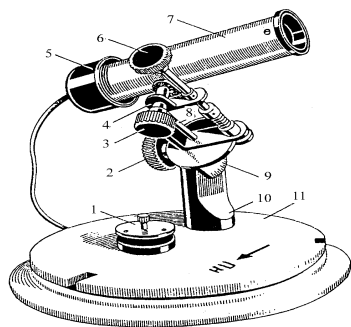


Рис. 12.1. Актинометр термоэлектрический.

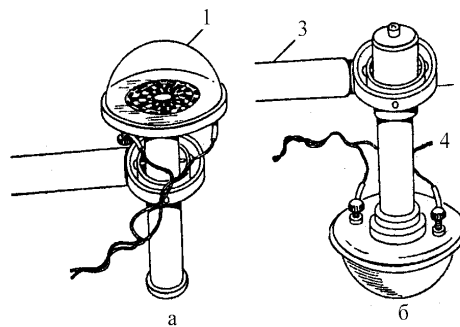


Рис. 12.2. Альбедометр термоэлектрический: а – положение вверх; б – положение вниз.

*Универсальный пиранометр (альбедометр)* служит для измерения рассеянной радиации ( $D$ ) при затемнении его темным экраном, суммарной радиации ( $Q$ ) и отраженной радиации ( $R_k$ ), что поступает на горизонтальную поверхность.

На практике он применяется главным образом для измерения альбедо деятельной поверхности. Альбедометры бывают двух типов: стационарные и походные.



Они состоят из приемника (термоэлектрической батареи) от пиранометра 1, карданного подвеса 2, который способен самоуравновешиваться, и рукоятки 3 (рис. 12.2).

Такое устройство обеспечивает горизонтальное положение приемной части альбедометра в двух позициях: приемником вверх для измерения суммарной и рассеянной радиации (рис. 12.2,а) и приемником вниз (рис. 12.2,б) для измерения отраженной радиации. Для осуществления наблюдений рукоятка 3 прикрепляется к трубке 4. С помощью трубки альбедометру придается соответствующее положение. После определения суммарной и отраженной радиации вычисляется альbedo по формуле (12.3).

*Балансомер термоэлектрический* используется для измерения радиационного баланса ( $B$ ) деятельной поверхности. Прибор представляет собой круглую плоскую оправу 1 диаметром 100 мм, в середине которой располагается приемник в виде квадратных медных пластинок 2 (рис. 12.3).

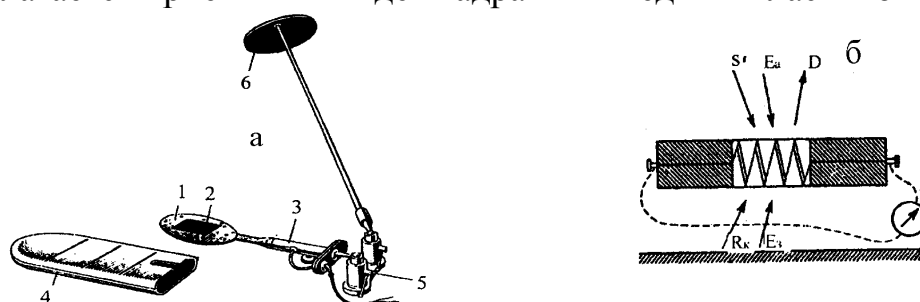


Рис. 8.3. Балансомер термоэлектрический:  
а – общий вид; б – схема.

Наружная поверхность этих пластинок затемнена. К оправе присоединена рукоятка 3. Между медными пластинами располагаются 10 специальных термобатарей. Каждая батарея представляет медный брусок, который имеет изоляционное покрытие. На это покрытие намотана константовая стружка. Половина каждого витка намотки изолирована, а вторая посеребрена. Все батареи соединены между собой последовательно. Провода от первой и последней батареи через рукоятку 3 выходят наружу. Балансомер в нерабочем состоянии закрывается крышкой 4. В комплект балансомера входит колодка с двумя шарнирами 5. К одному шарниру прикрепляется балансомер, а к другому – теневой экран 6. Последний необходим для затемнения прибора от прямой солнечной радиации. Балансомер устанавливается строго горизонтально и подключается к гальванометру или интегратору.

При измерении дном приемник, который направлен к небосводу, принимает суммарную радиацию  $Q$  и встречное излучение атмосферы  $E_a$ . Приемник, который направлен к земной поверхности, принимает отраженную радиацию  $R_k$  и собственное излучение земной поверхности  $E_z$ .

Для измерения *температуры воздуха* на метеорологических станциях и постах применяются термометры: психрометрический (срочный), максимальный и минимальный.

*Психрометрический (срочный) термометр* применяется для измерения температуры воздуха, поверхности почвы и снежного покрова в данный момент (сроки наблюдений). Это ртутный сухой термометр, являющийся частью психрометра, с цилиндрическим резервуаром. Он имеет вставную шкалу с ценой деления  $0,5^\circ$ .

*Минимальный термометр* применяют для измерения самой низкой температуры за период между сроками наблюдений. Это термометр спиртовой, с ценой деления  $0,5^\circ$ , со вставной шкалой и цилиндрическим резервуаром. Минимальные показания термометра определяются по легкому штифтику 1 (рис. 12.4), изготовленному из темного стекла с утолщениями на концах. При подъеме резервуара термометра штифтик свободно перемещается в спирте, но не выходит из него, так как благодаря своей легкости не может прорвать поверхностную пленку 2, ограничивающую мениск спирта.

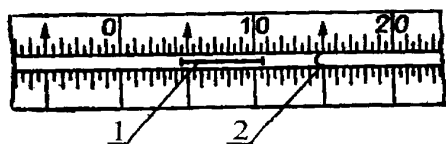


Рис. 12.4. Приспособление для отсчета минимальной температуры.

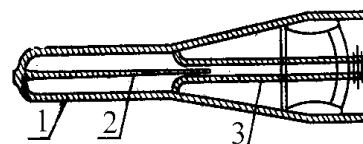


Рис. 12.5. Приспособление для сохранения максимальных показаний термометра.

Штифтик подобран таким образом, что силы трения его о стенки капилляра больше силы расширения спирта и меньше силы поверхностного натяжения спирта. Поэтому при повышении температуры спирт, расширяясь, свободно обтекает штифт, а при понижении температуры, как только поверхностная пленка дойдет до штифтика, последний перемещается этой пленкой в сторону резервуара. Двигается он до тех пор, пока температура понижается. При повышении температуры движение его прекращается. Положение конца штифта, который наиболее удален от резервуара, показывает по шкале минимальную температуру, а мениск спирта – температуру в данный срок измерения. Для приведения минимального термометра в рабочее положение резервуар термометра приподнимают вверх и держат до тех пор, пока штифт не соприкоснется с мениском спирта.

*Максимальный термометр* служит для измерения самой высокой (максимальной) температуры за период между сроками наблюдений. Это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром и вставной шкалой. Цена деления шкалы  $0,5^\circ$ . Показания максимальных значений температуры этим термометром сохраняются благодаря стеклянному штифту 2, который впаивается в дно резервуара 1 (рис. 12.5).

Верхний конец штифта 2 входит в капилляр 3. В результате этого выход из резервуара в капилляр очень сужен. При повышении температуры ртуть в резервуаре расширяется и поднимается по капилляру, так как силы расширения ртути больше сил трения в месте сужения. При

понижении температуры ртуть начинает уменьшаться в объеме, однако находящаяся в капилляре ртуть не может вернуться в резервуар, так как силы трения в месте сужения значительно превышают силы сцепления ртути. Столбик ртути, который останется в капилляре, показывает максимальную температуру за определенный промежуток времени. После встряхивания максимального термометра его показания должны быть близкими к показаниям срочного.

Для непрерывной *записи* изменений температуры воздуха на протяжении суток или недели используется *термограф*. Он состоит из трех основных частей: приемной, передающей и регистрирующей (рис.12.6).

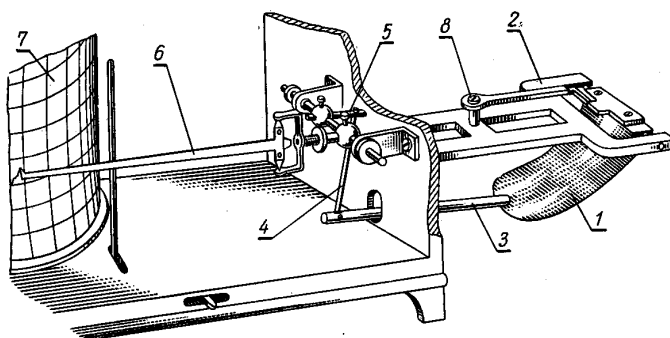


Рис. 12.6. Термограф биметаллический (фрагмент рабочей части)

Приемником термографа является биметаллическая пластинка 1, изготовленная из металлов с различным термическим коэффициентом линейного расширения. В результате этого биметаллическая пластинка изгибается пропорционально изменению температуры. Один конец биметаллической пластинки закреплен неподвижно к колодке 2, а второй – перемещается.

К свободному концу биметаллической пластинки прикреплен рычаг 3, который соединен тягой 4 с рычагом 5 коленчатого вала.

Вторым рычагом коленчатого вала является стрелка 6, заканчивающаяся пером, которое касается ленты барабана 7. Перо заполняется специальными чернилами с примесью глицерина.

Барабан вращается при помощи часового механизма вокруг оси, а перо, касаясь бумажной ленты, вычерчивает на ней график, который соответствует изменениям температуры воздуха.

Регистрирующая часть термографа – барабан 7 с часовым механизмом внутри. Благодаря часовому механизму барабан вращается вокруг неподвижной оси, укрепленной на основании корпуса. В зависимости от скорости вращения барабана термографы делятся на суточные и недельные.

На метеорологических станциях наблюдения за температурой почвы осуществляются как на поверхности почвы, так и на различных глубинах. Для

этого выбирают площадку размером 4×6 м, которую очищают от травяного покрова, а почву взрыхляют.

Для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова используют срочный, максимальный и минимальный термометры. Термометры устанавливают в середине оголенной площадки на расстоянии 5–6 см один от другого резервуарами на восток в приведенной ниже последовательности: первый с севера – срочный для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова, второй – минимальный, третий – максимальный. Срочный и минимальный термометры необходимо положить на поверхность строго горизонтально, а максимальный с небольшим наклоном в сторону резервуара. Термометры должны лежать на почве таким образом, чтобы их резервуары и наружная оболочка были наполовину заглублены в почву.

Для измерения температуры почвы на различных глубинах применяют ртутные коленчатые термометры Савинова и вытяжные термометры.

Ртутные *коленчатые термометры Савинова* (рис. 12.7) служат для измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см (пахотный слой). Это комплект из четырех термометров, которые имеют вставную шкалу с ценой деления  $0,5^\circ$ . Резервуары термометров цилиндрические. Резервуар термометров изогнут под углом  $135^\circ$ . Капилляр от резервуара до начала шкалы изолирован термоизоляционным материалом. Термоизоляция уменьшает влияние конвективных токов воздуха в стеклянной оболочке, которые могут возникнуть вследствие разницы температуры почвы на различных глубинах.

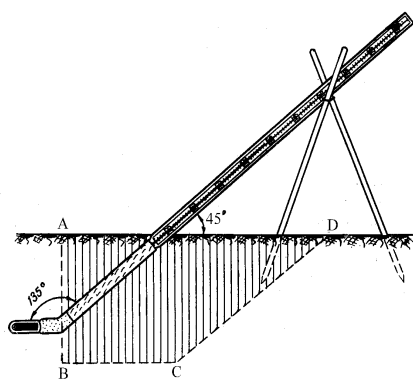


Рис. 12.7. Установка почвенных коленчатых термометров Савинова.

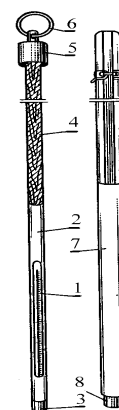


Рис. 12.8. Термометр вытяжной.

Термометры Савинова устанавливают на одной площадке с термометрами для измерения температуры поверхности почвы в направлении с востока на запад. Их устанавливают весной после оттаивания почвы и убирают осенью.

Для установки каждого коленчатого термометра выкапывают траншею в виде трапеции ABCD (рис.12.7). Северная сторона АВ траншеи отвесная. В ней в углубления, параллельно поверхности почвы, вставляют резервуары

термометров по мере возрастания глубины. После установки необходимо проверить угол наклона выступающей части термометра к поверхности почвы. Этот угол должен быть равен  $45^\circ$ . Затем траншею засыпают землей, сохраняя последовательность вынутых пластов.

В сроки измерений наблюдатель становится с северной стороны и последовательно снимает показания, начиная с термометра, который установлен на глубине 5 см.

*Вытяжные ртутные термометры* служат для измерения температуры почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см. Они имеют цену деления  $0,2^\circ$ .

С целью уменьшения влияния внешней среды в момент отсчета термометр 1 вмонтирован в специальную оправу 2 с металлическим колпачком 3 (рис. 12.8).

Для лучшего теплового контакта и увеличения инерции термометра пространство между резервуаром термометра и стенками колпачка заполнено медными опилками.

Оправа с термометром крепится на деревянной штанге 4, длина которой зависит от глубины установки термометра. Штанга заканчивается колпачком 5 с кольцом 6, за которое термометр вынимают из почвы.

Вытяжные термометры опускают в пластмассовые или эбонитовые трубки 7, погруженные в почву на необходимую глубину и имеющие на нижнем конце металлические наконечники 8. Термометр воспринимает температуру только того слоя почвы, на котором находится металлический наконечник.

Вытяжные термометры размещают на открытом месте с естественным покровом. С помощью бура делают скважины нужной глубины и в них устанавливают трубы 7 в один ряд через каждые 50 см в направлении с востока на запад. Трубы должны выступать над поверхностью почвы на 40–50 см во избежание заноса их снегом в зимний период. После установки труб в них опускают термометры. Чтобы почва вокруг термометров не уплотнялась, отсчет по ним производят со специального помоста, расположенного с северной стороны термометров.

В сроки наблюдений термометры по очереди, начиная с наименьшей глубины, достают из трубки 7 за кольцо 6 и снимают отсчеты температуры. После этого термометр опускается в трубку. Наблюдения по термометрам на глубинах 60, 80, 120, 160, 320 см проводят на протяжении года один раз в сутки, днем, а на глубинах 20 и 40 см – во все сроки наблюдений.

### **Контрольные вопросы**

1. Что понимают под прямой, рассеянной, суммарной и отраженной радиацией?
2. Что такое альbedo, от чего зависит его величина?

3. Какие приборы используются для измерения прямой солнечной радиации?

4. Какие типы термометров используются для измерения температуры воздуха?

5. В чем состоит назначение и принцип работы термографа биметаллического?.

### **Практическая работа № 13** **ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ** **ВОЗДУХА, ИСПАРЕНИЯ И ОСАДКОВ**

**Цель** – ознакомиться с показателями влажности воздуха, изучить средства измерения влажности воздуха, испарения и атмосферных осадков.

**Основные задачи:**

1. Изучить основные характеристики влажности воздуха.

2. Изучить устройство и принцип работы психрометра, гигрометра и гигрографа.

3. Изучить сущность испарения, его определяющие факторы и способы измерения.

4. Изучить устройство осадкомера, плювиографа и снегомера.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,4,10,19], аспирационный психрометр, волосной гигрометр, гигрограф, почвенный испаритель, осадкомер Третьякова, плювиограф, весовой снегомер.

**Теоретическая часть.**

Водяной пар поступает в атмосферу в результате испарения с поверхности Мирового океана, рек, озер, поверхности суши, ледяного и снежного покрова, растительности и т.д.

Влажность воздуха характеризуется следующими величинами: абсолютной влажностью, парциальным давлением (упругостью) водяного пара, относительной влажностью, дефицитом упругости водяного пара, точкой росы.

*Абсолютная влажность  $a$*  – количество водяного пара в граммах, содержащееся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха при данной температуре ( $\text{г/м}^3$ ).

*Парциальное давление (упругость) водяного пара  $e$*  – давление, которое имел бы водяной пар, находящийся в газовой смеси, если бы он занимал объем, равный объему газовой смеси при той же температуре.

Парциальное давление в Международной системе единиц СИ измеряется в гПа.  $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$ , парциальное давление может также измеряться в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.),  $1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ гПа}$ .

Парциальное давление (упругость) водяного пара, находящегося в воздухе, может возрастать до определенного предела, который называется давлением (упругостью) насыщенного водяного пара  $E$ .

Парциальное давление (упругость) водяного пара вычисляется по психрометрической формуле

$$e = E_1 - A P (t - t'), \quad (13.1)$$

где  $e$  – парциальное давление (упругость) водяного пара, гПа;

$E_1$  – давление (упругость) насыщенного водяного пара, взятое по показаниям смоченного термометра, гПа;

$P$  – атмосферное давление, гПа;

$t$  – температура сухого термометра, °С;

$t'$  – температура смоченного термометра, °С;

$A$  – психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха около резервуара смоченного термометра, °С<sup>-1</sup>.

Для стационарного психрометра  $A = 0,0007947$  °С<sup>-1</sup>, для аспирационного  $A = 0,000662$  °С<sup>-1</sup>.

*Относительной влажностью  $f$*  называется отношение парциального давления (упругости) водяного пара к давлению (упругости) насыщенного водяного пара при данной температуре, выраженное в процентах. Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром при данной температуре и выражается формулой

$$f = \frac{a}{A_1} \cdot 100 \% \quad (13.2)$$

*Дефицитом упругости водяного пара  $d$*  называется разность между давлением насыщенного водяного пара  $E$ , находящегося в воздухе при данной температуре, и парциальным давлением  $e$ . Дефицит упругости водяного пара измеряется в гПа:

$$d = E_1 - e. \quad (13.3)$$

*Точкой росы  $t_d$*  называется температура, до которой должен охладиться воздух при данном давлении, чтобы содержащийся в нем водяной пар стал насыщенным.

При  $f = 100$  % фактическая температура воздуха совпадает с точкой росы.

*Испарением* называют переход вещества из жидкого состояния в газообразное. Энергия, требующаяся на испарение этого количества воды, обеспечивается приходом солнечной радиации. Испарение зависит от многих факторов. Главными из них являются *температура* испаряющей поверхности, *влажность воздуха* и *ветер*.

Согласно закону Дальтона, скорость испарения  $W$  прямо пропорциональна дефициту насыщения водяного пара ( $E_1 - e$ ), вычисленному по температуре испаряющей поверхности. В соответствии с формулой Августа скорость испарения обратно пропорциональна атмосферному давлению  $p$ . В итоге  $W$  выражается равенством

$$W = A \frac{(E_1 - e)}{p}, \quad (13.4)$$

где  $A$  – коэффициент пропорциональности, зависящий, в частности, от скорости ветра.

С увеличением разности  $(E_1 - e)$  испарение увеличивается.

*Атмосферными осадками* называют капли воды и кристаллы льда, выпадающие из атмосферы на земную поверхность.

Количество осадков измеряют высотой слоя воды в миллиметрах, образовавшегося в результате выпадения осадков на горизонтальной поверхности при отсутствии испарения, просачивания и стока, а также при условии, что осадки, выпавшие в твердом виде, полностью растаяли. Слой осадков 1 мм соответствует массе воды 1 кг или объему 1 л, выпавшим на площадь 1 м<sup>2</sup>, а также объему 10 м<sup>3</sup>/га.

Важной характеристикой осадков является их *интенсивность*, т.е. количество (слой) осадков, выпадающих в единицу времени.

### **Порядок выполнения**

После изучения теоретической части упражнения с использованием приведенных ниже схем и образцов соответствующих метеорологических приборов выполняется изучение устройства и принципа их работы.

Влажность воздуха измеряется несколькими методами. Наибольшее распространение получили психрометрический и гигрометрический методы. Приборы, которые используются при измерении влажности воздуха психрометрическим методом, называются психрометрами.

*Психрометрический метод.* Влажность воздуха определяется по разности показаний двух одинаковых психрометрических термометров – сухого и смоченного. С поверхности резервуара смоченного термометра происходит испарение, которое зависит от влажности окружающего воздуха. Чем суше воздух, тем интенсивнее испарение с резервуара смоченного термометра и тем ниже его показания по сравнению с сухим термометром. Следовательно, по разности показаний сухого и смоченного термометров можно определить влажность воздуха.

*Гигрометрический метод* измерения влажности воздуха основан на использовании свойства обезжиренного человеческого волоса менять свою длину при изменении влажности окружающего воздуха.

Удлинение волоса с изменением относительной влажности воздуха происходит неравномерно.

*Станционный психрометр* (см. рис. 13.1) состоит из двух одинаковых термометров с ценой деления 0,2°, помещенных рядом на особом штативе в психрометрической будке и стаканчика для дистиллированной воды. Стенки психрометрической будки (см. рис. 13.2) состоят из двойных жалюзи 1, расположенных одна над другой под углом 45° к горизонту.



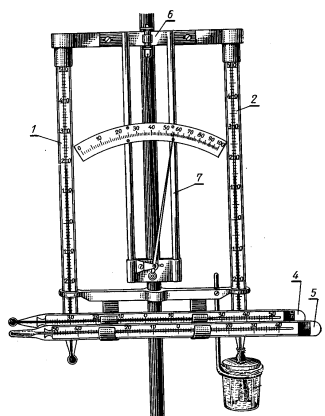


Рис. 13.1. Установка термометров и гигрометра в психрометрической будке.

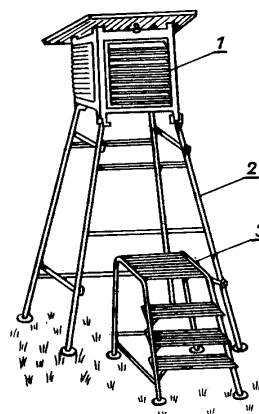


Рис. 13.2. Психрометрическая будка.

Жалюзийные стенки защищают термометры от прямого попадания солнечных лучей и вместе с тем не препятствуют свободному доступу воздуха. Будка ориентируется дверцей на север, чтобы во время отсчетов на термометры не падали солнечные лучи, и укрепляется на подставке 2 высотой 175 см. Для удобства отсчетов около будки устанавливают лесенку 3.

Левый термометр – «сухой», предназначен для измерения температуры воздуха, а правый – «смоченный», служит для измерения температуры собственного резервуара. Резервуар смоченного термометра плотно обернут батистом, нижний конец которого погружен в стаканчик с дистиллированной водой 2. При помощи батиста обеспечивается капиллярное поступление воды к поверхности резервуара и непрерывное поддержание его во влажном состоянии.

Отсчеты по психрометрическим термометрам производят быстро, причем сначала отсчитывают десятые доли, а потом целые градусы. Для определения влажности воздуха психрометры используются при температурах не ниже – 10°C.

*Аспирационный психрометр* очень удобен для измерения влажности воздуха в полевых условиях. По принципу действия он аналогичен стационарному. Аспирационный психрометр (рис. 13.3) состоит из двух одинаковых психрометрических термометров 1 и 2 с резервуарами цилиндрической формы.

Термометры закреплены в оправе, состоящей из трубки 3, раздваивающейся книзу на две трубочки 5, 6, планок 4 и аспиратора 7. В трубочках 5, 6 имеются еще внутренние трубки 11, 12, в которых помещаются резервуары термометров. Двойные трубки защищают резервуары от нагревания солнечными лучами. Чтобы тепло от корпуса не передавалось к резервуарам, трубки изолируются от него пластмассовыми кольцами 9, 10. Важной частью аспиратора является пружина, которую заводят ключом 8. В результате работы аспиратора вокруг резервуаров термометров создается постоянный ток воздуха со скоростью 2 м/с. Поэтому показания прибора не зависят от скорости ветра.

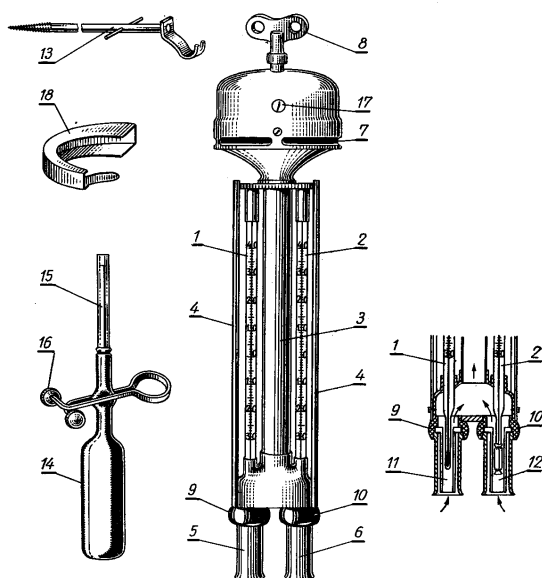


Рис. 13.3. Аспирационный психрометр

Психрометр подвешивают за железный крюк-подвес *13*, который может быть ввинчен в деревянный столб на требуемую высоту. Для смачивания батиста пользуются резиновой грушей *14* со стеклянной пипеткой *15* и зажимом *16*.

*Волосной гигрометр* применяется для определения относительной влажности воздуха при температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . Он является основным прибором для наблюдений за влажностью воздуха при отрицательных температурах.

Приемной частью гигрометра (рис. 13.4) служит обезжиренный человеческий волос *1*, натянутый на металлическую раму *2*.

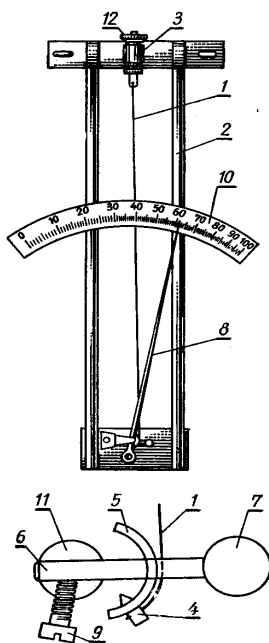


Рис. 13.4. Волосной гигрометр

Один конец его закреплен в нижней части регулировочного винта 3, другой – в отверстии металлической дужки 5, насаженной на стержень 6, зажатый винтом 9. Крепление волоса внизу и вверху производится деревянными штифтами 4 и шеллаком. Стержень 6 и стрелка 8 укреплены на одной оси 11. Поэтому изменение длины волоса в результате изменения влажности воздуха вызывает поворот стрелки вокруг оси и смещение ее свободного конца по шкале 10 с делениями от 0 до 100%. Волосной гигрометр устанавливают в психрометрической будке между сухим и смоченным термометрами (см. рис. 13.1).

*Гигрограф волосной* применяется для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха (рис. 13.5).

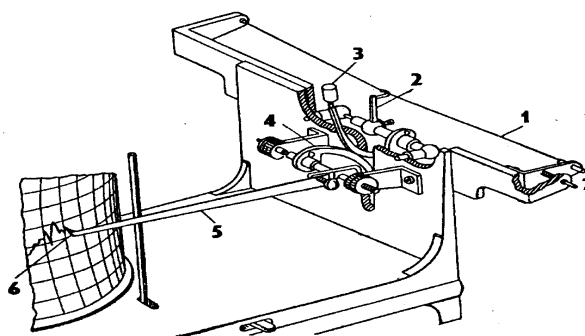


Рис. 13.5. Гигрограф волосной (фрагмент рабочей части)

Приемной частью волосного гигрографа, которая реагирует на изменение относительной влажности, является пучок обезжиренных человеческих волос 1, расположенных в рамке за пределами корпуса прибора. Изменения длины пучка волос передаются через систему рычагов 3, 4 на стрелку 5, на конце которой крепится перо 6. В средней части пучок волос оттянут крючком 2, соединенным с криволинейным рычагом 3, способным вращаться вокруг своей оси. Криволинейный рычаг 3 скользит по другому криволинейному рычагу 4, который имеет общую со стрелкой 5 ось. Для регулировки точности записи пера 6 служит установочный винт 7, при помощи которого регулируется необходимое натяжение пучка волос. При увеличении относительной влажности пучок волос удлиняется, а стрелка с пером перемещается вниз вдоль ленты барабана.

Регистрирующей частью гигрографа служит барабан с часовым механизмом. В зависимости от скорости вращения барабана гигрографы различают суточные и недельные. На барабан надевают бумажную ленту, на которой параллельные горизонтальные линии соответствуют относительной влажности воздуха в процентах, вертикальные дуги – времени.

*Суммарное испарение* в полевых условиях измеряют методом *почвенных испарителей*. Метод заключается в том, что величину  $E$  между сроками наблюдений определяют по изменению массы почвенного монолита,

помещенного в испаритель, с учетом выпавших осадков  $P$  и просочившейся через монолит воды  $J$ .

По способу учета изменения массы почвенного монолита применяются *весовые* и *гидравлические* испарители. В первом случае испаритель взвешивается на весах и суммарное испарение ( $E$ , мм) за интервал между взвешиваниями определяется по зависимости

$$E = \frac{10 (G_1 - G_2)}{F} + P - J, \quad (13.5)$$

где  $G_1, G_2$  – массы испарителя в предыдущий и текущий сроки взвешивания, г;  
 $F$  – площадь испарителя, см<sup>2</sup>;

$P, J$  – количество осадков и просочившейся воды за промежуток между взвешиваниями, мм.

При этом осадки измеряют напочвенным дождемером, установленным рядом с испарителем, а величину  $J$  – по количеству воды в водосборном сосуде прибора. Из приведенной зависимости видно, что для получения величины испарения с точностью до 0,1 мм точность взвешивания (в граммах) не должна превышать величины  $\Delta G = 0,01 F$ .

Стандартные весовые испарители ГГИ-500-50 и ГГИ-500-100 с площадью испарения  $F = 500$  см имеют глубину почвенного монолита соответственно 50 и 100 см (рис.13.6).

Испарители состоят из внутреннего цилиндра, наружного цилиндра (гнезда) и водосборного сосуда. Для зарядки испарителя почвенным монолитом внутренний цилиндр без дна ставится на почву, вдавливается в нее, затем окапывается вокруг и под давлением осаживается. Водосборный сосуд прикрепляется ниже дна внутреннего цилиндра, который затем помещается в подготовительное гнездо.

*Гидравлические* почвенные испарители основаны на принципе гидростатического взвешивания и обеспечивают более надежное измерение суммарного испарения за счет большего объема почвенного монолита. Например, гидравлические испарители большой модели (балансомеры) могут иметь монолиты площадью до 1 – 5 м<sup>2</sup> и глубиной 2 – 2,5 м и являются наиболее точными стационарными сооружениями, позволяющими измерять основные элементы водного баланса и вести их непрерывную запись.

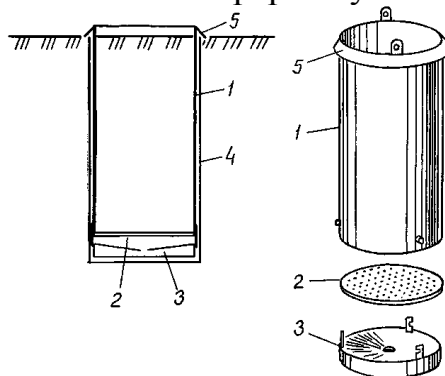


Рис. 13.6. Почвенный весовой испаритель ГГИ-500-50: 1 - внутренний цилиндр; 2 - дно с отверстиями; 3 - водосборный сосуд; 4 - наружный цилиндр; 5 - козырек

Стандартным прибором для измерения количества осадков, выпадающих в жидком и твердом виде, является *осадкомер Третьякова*.

В комплект осадкомера входят два цилиндрических ведра, крышка, ветровая защита и измерительный стакан (рис. 13.7).

Ведро осадкомера имеет приемную площадь  $200 \text{ см}^2$  и высоту  $40,0 \text{ см}$ . Внутри ведра впаяна диафрагма в виде усеченного конуса. Для уменьшения испарения из ведра в летнее время отверстие диафрагмы закрывается воронкой. Ветровая защита состоит из 16 трапецеидальных изогнутых планок. Верхние концы планок находятся на одной высоте с верхним краем ведра.

Собранные осадки выливают в измерительный стакан, который представляет собой мензурку со 100 делениями. Одно деление по объему равно  $2 \text{ см}^3$ , которое при площади сечения приемной части ведра  $200 \text{ см}^2$  соответствует  $0,1 \text{ мм}$  слоя осадков.

Осадкомер устанавливают на металлической подставке с таким расчетом, чтобы приемная поверхность осадкомера находилась на высоте  $2 \text{ м}$ . Измерение количества осадков проводят 4 раза в сутки. В срок наблюдений производят смену ведер.

Измерение твердых осадков проводят после того, когда они полностью растают. К каждому измеренному количеству осадков вводится поправка на смачивание осадкомерного ведра.

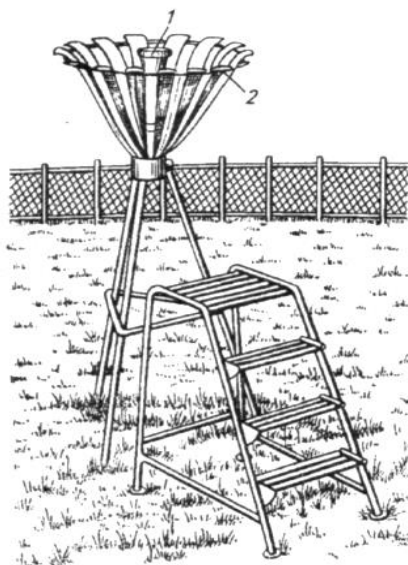


Рис. 13.7. Осадкомер Третьякова:  
1 – приемное ведро осадкомера; 2 – ветровая защита

*Плювиограф* – самописец, предназначенный для непрерывной регистрации количества, интенсивности и продолжительности выпадения жидких осадков. Плювиограф (рис. 13.8) состоит из цилиндрического сосуда *1* с приемной площадью  $500 \text{ см}^2$ . В нижней части сосуд переходит в конус, заканчивающийся сливной трубкой, которая вставляется в воронку трубки *2*, идущей от поплавковой камеры *3*.

Осадки через приемное ведро поступают в поплавковую камеру, внутри которой находится полый металлический поплавок *4* со стержнем *5* и стрелкой

6, заканчивающейся пером. Рядом с поплавковой камерой укреплен барабан 9 с часовым механизмом. На барабан надевается бумажная лента. Горизонтальные линии на ней соответствуют количеству осадков, а вертикальные – времени. Одно горизонтальное деление равно 0,1 мм осадков, а одно вертикальное – 10 мин.

В нижней части корпуса прибора помещается контрольный сосуд 10, в который сливаются осадки из поплавковой камеры.

При выпадении осадков вода из приемного сосуда 1 переливается в поплавковую камеру 3.

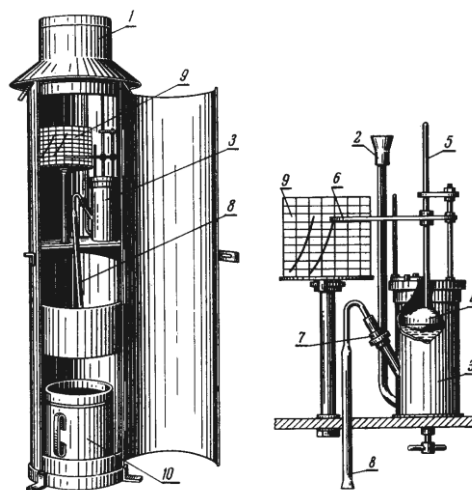


Рис. 13.8. Плувиограф

При этом поплавок, находящийся в камере, поднимается, и перо чертит на ленте кривую линию, причем, чем интенсивнее осадки, тем круче подъем кривой.

Как только осадки заполнят поплавковую камеру, начинает действовать сифон 8 и вода из камеры автоматически выливается в контрольный сосуд 10. При этом перо вычерчивает на ленте вертикальную прямую линию от верха до нулевого деления ленты. Если осадки продолжают выпадать, поплавковая камера снова наполняется водой и перо поднимается вверх. Если осадки прекращаются, перо чертит на ленте горизонтальную линию.

### Контрольные вопросы

1. Характеристики влажности воздуха и их единицы измерения.
2. Устройство и принцип работы психрометра и гигрографа.
3. Какова методика измерения испарения почвенным испарителем?
4. В какие сроки и в каких единицах измеряется количество выпавших осадков?
5. Что понимают под интенсивностью осадков и как ее измеряют?

## Практическая работа № 14

### ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ, СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА

**Цель** – освоить сущность, методы и средства измерения атмосферного давления и характеристик ветра.

**Основные задачи:**

1. Ознакомиться с единицами измерения атмосферного давления.
2. Изучить устройство приборов для измерения и записи атмосферного давления.
3. Изучить устройство и установку флюгера, ручного анемометра, анеморумбометра и правила наблюдений по ним.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,4,10,19], чашечный барометр, барометр-анероид, барограф, ручной анемометр, анеморумбометр.

**Теоретическая часть.**

Атмосферное давление – это сила, с которой давит на единицу земной поверхности столб воздуха, расположенный от поверхности земли до верхней границы атмосферы.

Единицей измерения атмосферного давления в системе СИ является гектопаскаль (гПа).  $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$ .  $1 \text{ Па}$  – это давление, равное силе в 1 ньютон, которая действует на площадь  $1 \text{ м}^2$ .  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ .

Кроме того, в метеорологии используются единицы давления – миллибар (мб) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.).  $1 \text{ мб}$  – это давление, равное силе  $1000 \text{ дин}$ , которое действует на площадь в  $1 \text{ см}^2$ . Миллиметр ртутного столба – это изменение атмосферного давления, которое соответствует повышению или понижению ртутного столба в барометре на  $1 \text{ мм}$ .

Соотношения между приведенными единицами следующие:

$$1 \text{ гПа} = 1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм рт. ст.}; \quad 1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ гПа} = 1,33 \text{ мб}.$$

Нормальным считается давление воздуха при температуре  $0^\circ\text{C}$  на уровне моря и широте  $45^\circ$  северного полушария, равное  $1013 \text{ гПа}$ , или  $760 \text{ мм рт. ст.}$

*Ветер*, т.е. движение воздуха относительно земной поверхности, возникает вследствие различий атмосферного давления в разных точках атмосферы. Так как давление меняется по вертикали и по горизонтали, то воздух обычно движется под некоторым углом к земной поверхности. Но этот угол очень мал. Поэтому ветром большей частью считают горизонтальное движение воздуха.

Ветер характеризуется *направлением и скоростью*. Направление ветра определяется той точкой горизонта, откуда ветер дует. Для обозначения направления ветра в метеорологии используются 16 точек горизонта, называемых *румбами*, а иногда *азимут* той точки, откуда дует ветер. Этот азимут выражается в угловых градусах. При этом отсчет градусов ведется от севера через восток, так что северному направлению соответствует  $0^\circ$ , восточному –  $90^\circ$ , южному –  $180^\circ$ , западному –  $270^\circ$ . В приложении 6

представлены белорусские и международные названия румбов и приведены соответствующие им значения направления ветра в угловых градусах.

*Скорость ветра* выражается в метрах в секунду (м/с), а в некоторых случаях в километрах в час (км/ч). Для визуальной оценки скорости ветра в морской практике пользуются баллами по шкале Бофорта, приведенной в приложении 7.

### **Порядок выполнения.**

На метеорологических станциях для измерения атмосферного давления используются ртутные барометры и барометры-анероиды, а для непрерывной регистрации изменения давления – барографы.

*Стационарный чашечный барометр* (рис. 14.1) состоит из двух основных частей: стеклянной трубки 1 и пластмассовой чашки 2, заполненной ртутью. Стеклянная трубка опущена открытым концом в чашку. Верхний конец трубки запаян. Чтобы воздух не попал в трубку, ее перед опусканием в чашку наполняют ртутью доверху. Чашка состоит из трех свинчивающихся частей. В верхней части 3, помимо отверстия для стеклянной трубки, имеется еще маленькое отверстие для сообщения ртути, находящейся в чашке, с атмосферным воздухом. Для предохранения ртути от загрязнения это отверстие закрывается винтом 4 с кожаной шайбой. В средней части чашки имеется диафрагма с круглыми отверстиями. Диафрагма, занимая некоторый объем, дает возможность наливать в чашку меньше ртути, а также предохраняет ртуть от сильных колебаний и от попадания воздуха в стеклянную трубку при переноске прибора. При сборке прибора стеклянную трубку и чашку заполняют дистиллированной ртутью. Стеклянная трубка окружена латунной защитной оправой 6, на которой имеются приспособления для отсчетов.

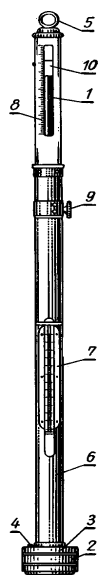


Рис. 14.1. Ртутный чашечный барометр

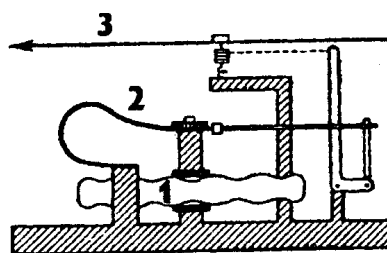


Рис. 14.2. Схема барометра-анероида.



В нижней части оправы укреплен термометр 7 для отсчета температуры прибора. В верхней части оправы имеется сквозная прорезь, позволяющая видеть мениск ртутного столба в стеклянной трубке. С левой стороны нанесена шкала 8 с пределами измерений от 680 до 1110 гПа. Вдоль стеклянной трубки с помощью кремальеры 9 перемещается кольцо с укрепленным на нем нониусом 10, который служит индексом для наводки на мениск ртутного столба и для отсчета десятых долей. Десять делений нониуса равны 9 делениям основной шкалы. В верхней части оправы имеется кольцо 5 для подвешивания барометра.

При отсчетах давления нониус подводят сверху до момента, пока не произойдет касание его нижнего среза верхней части мениска ртути в трубке. Отсчеты показаний барометра и термометра делают с точностью до 0,1 гПа и 0,1°C. Целые гПа отсчитывают по нижнему обрезу нониуса, а десятые – по нониусу. Деление нониуса, совпадающее с делением основной шкалы, показывает число десятых долей шкалы.

*Барометр-анероид* относится к деформационным барометрам, основанным на зависимости упругой деформации приемника под воздействием атмосферного давления. Приемником, который воспринимает изменение атмосферного давления, служит анероидная коробка 1, состоящая из двух спаянных между собой гофрированных мембран (рис. 14.2).

Воздух из коробки откачен. Наружное атмосферное давление направлено на сжатие коробки, но пружина 2 уравнивает стенки коробки в растянутом положении. В результате этого крышка коробки способна к деформациям в зависимости от изменения атмосферного давления. Колебания крышки коробки усиливаются специальной системой подвижных рычагов и передаются на стрелку 3, которая перемещается вдоль шкалы с делениями. К шкале анероида прикреплен термометр для измерения температуры прибора. Механизм анероида помещается в пластмассовый кожух.

Анероид устанавливают в горизонтальное положение. При наблюдениях по анероиду вначале отсчитывают температуру по термометру при анероиде с точностью до 0,1°. После этого, слегка постучав по стеклу анероида для преодоления трения в передающей части, отсчитывают положение стрелки относительно шкалы с точностью до 0,1 единиц измерения.

*Барограф* применяется для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления. Он состоит из трех частей: приемной 1; передающей 2; регистрирующей 3 (рис. 14.3). Приемной частью, которая реагирует на изменение атмосферного давления, является несколько анероидных коробок, которые соединены вместе. Воздух из коробок откачен, чтобы коробки не сжимались под воздействием атмосферного давления в середине каждой коробки содержится пружина в виде рессоры. При увеличении атмосферного давления коробки сжимаются, а при уменьшении – растягиваются. Чувствительность анероидных коробок зависит от изменений температуры. Для исключения влияния температуры на показания барографа используется биметаллический термокомпенсатор.

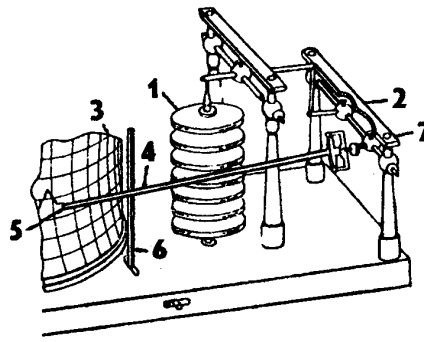


Рис. 14.3. Устройство рабочей части барографа

Колебания anerоидных коробок, обусловленные изменением атмосферного давления, через систему рычагов передаются на стрелку 4 с пером 5, которое заполняется специальными чернилами.

Регистрирующей частью барографа является барабан 3 с часовым механизмом внутри. На барабан надевается бумажная лента с делениями. На ленте барографа горизонтальные линии соответствуют атмосферному давлению в гПа, а вертикальные дуги – времени.

Зажим 6 позволяет отводить стрелку с пером от барабана в сроки замены ленты. Показания барографа контролируются данными ртутного барометра. Для этого в сроки наблюдений на ленте барографа делается засечка при помощи кнопки 7. Барографы в зависимости от скорости хода часового механизма бывают суточные и недельные. Обработка ленты суточного барографа осуществляется так же, как и термографа.

*Скорость и направление ветра* – очень изменчивые характеристики физического состояния атмосферы. Поэтому среднюю скорость ветра принято определять за десятиминутный, а направление – за двухминутный интервал времени. При этом отмечается максимальный порыв ветра (максимальная скорость). Кроме этого определяется изменчивость скорости и направление ветра или его порывистость. Порывистость оценивается качественно: по направлению – постоянный или переменный, а по скорости – ровный или порывистый.

Для измерения направления и скорости ветра используются флюгер, ручной чашечный анемометр и анеморумбометр.

*Флюгер* является наиболее простым по устройству и широко распространенным прибором для измерения направления и скорости ветра. Указателем направления ветра у флюгера служит двухлопастная флюгарка 1 с противовесом 2 и восемь штифтов 3, ввинченных в муфту 4, причем четыре штифта длинные и четыре короткие (рис. 14.4).

Длинные штифты соответствуют направлению С, Ю, З, В, короткие – СЗ, СВ, ЮЗ, ЮВ. Один штифт, обозначенный буквой С, должен быть направлен строго на север. Под действием ветра флюгарка вращается вокруг вертикальной оси. Направление ветра определяют по положению противовеса флюгарки относительно штифтов.

Указатель скорости ветра состоит из железной доски 5 размером 15×30 см, свободно качающейся над флюгаркой около горизонтальной оси 6, закрепленной на металлическом стержне 7, и восьми штифтов, ввинченных в дугу 8, которая также соединена с осью 6 металлическим стержнем 9.

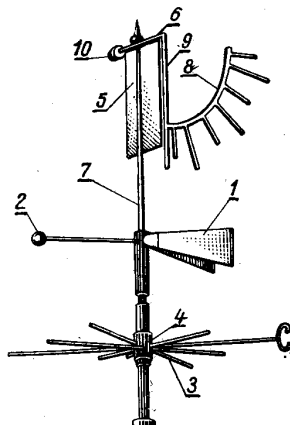


Рис. 14.4. Флюгер

Для уравновешивания дуги на другом конце оси навинчен груз 10. Нумерация штифтов начинается с отвесного штифта, имеющего нулевой номер. Для удобства отсчета четные штифты (0, 2, 4, 6) делают длиннее нечетных (1, 3, 5, 7). Различают флюгеры с легкой доской (200 г) и с тяжелой (800 г).

Под воздействием ветра флюгарка устанавливается в его направлении, а доска – всегда перпендикулярно направлению ветра и отклоняется на угол, который зависит от скорости ветра, и ставится рядом с соответствующим штифтом. При помощи флюгера с легкой доской можно измерять скорость ветра до 20 м/с, а с тяжелой – до 40 м/с.

Флюгер устанавливают на металлической мачте высотой 10–12 м от поверхности земли с условием, чтобы окружающие его здания, деревья и другие предметы были на значительном расстоянии и не оказали влияние на его показания. Он ориентируется длинным штифтом с буквой С (N) на север.

При определении направления ветра наблюдатель должен стоять рядом с мачтой; на протяжении 2 мин наблюдатель за положением флюгарки и отмечать среднее ее местоположение в отношении штифтов, что указывают стороны света.

Для определения скорости ветра наблюдатель должен отойти от мачты и стать в направлении, перпендикулярном положению флюгарки. На протяжении 2 мин необходимо следить за колебанием доски и определить ее среднее положение за этот промежуток времени в отношении штифтов.

В книгу наблюдений записывают направление ветра и номер штифта, около которого или между которыми отмечено среднее положение доски. После этого скорость ветра переводят в метры в секунду, используя данные приложения 8.

По флюгеру определяется также характер ветра. Направление ветра считается *постоянным*, если на протяжении наблюдений противовес колеблется в пределах одного румба. В других случаях ветер считается *переменным*. Ветер называют *ровным*, если доска колеблется на протяжении 2 мин около одного штифта или между двумя соседними. Если амплитуда колебаний более двух штифтов, ветер характеризуется как *порывистый*.

*Ручной чашечный анемометр* применяется для измерения средней скорости ветра в пределах от 1 до 20 м/с за определенный промежуток времени. Приемной частью данного прибора является вертушка с четырьмя полусферическими чашками 1 (рис. 14.5). Она крепится на металлической оси 2. На нижнем конце оси имеется резьбовая нарезка, соединенная с шестеренчатым механизмом, который находится в пластмассовом корпусе 4. Полушария защищены от механических повреждений проволочными дужками 3. Полушария защищены от механических повреждений проволочными дужками 3.

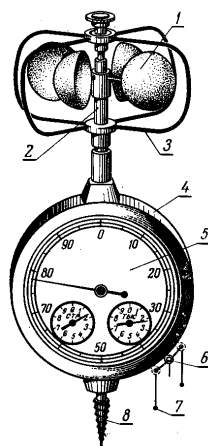


Рис. 14.5. Ручной чашечный анемометр

Шестеренчатый механизм представляет собой счетчик количества оборотов вертушки при воздействии на ее ветра. Счетчик связан с тремя стрелками, которые перемещаются вдоль трех циферблатов 5. По показаниям большой стрелки отсчитывают единицы и десятки оборотов от 0 до 100. По показаниям двух маленьких стрелок отсчитывают сотни и тысячи оборотов, соответствующие им циферблаты имеют по 10 делений.

Счетный механизм включается и выключается арретиром, выступающий конец которого расположен сбоку корпуса и имеет вид подвижного кольца 6. Движением арретира 6 вверх (против часовой стрелки) счетчик анемометра включают, а движением вниз (по часовой стрелке) – выключают. Время измерения скорости ветра анемометром должно быть не менее 100 с. Для включения и выключения арретира к нему привязывают шнурок, а концы его пропускают в ушки 7. В нижней части прибора имеется винт 8 для установки анемометра на деревянном столбе.

*Анеморумбометр* – дистанционный прибор. Он служит для измерения скорости ветра, осредненной за 10-минутный интервал, максимальной

мгновенной скорости ветра между сроками наблюдений и направления ветра (рис. 14.6).

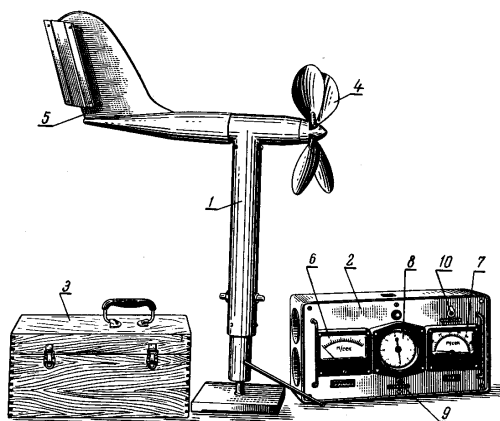


Рис. 14.6. Анеморумбометр

Принцип действия анеморумбометра основан на преобразовании направления и скорости ветра в электрические величины. В комплект прибора входит датчик 1, измерительный пульт 2 и блок питания 3. Датчик состоит из обтекаемого корпуса, вращающегося вокруг вертикальной неподвижной стойки. В конце корпуса находится флюгарка 5, а в начале – четырехлопастный винт 4 с горизонтальной плоскостью вращения, которая с помощью флюгарки устанавливается всегда перпендикулярно направлению воздушного потока. Внизу вертикальной стойки находится ориентир для установки датчика относительно сторон света и штепсельный разъем для подключения соединительного кабеля.

Измерительный пульт – настольный прибор, на лицевой стороне которого размещены указатель мгновенной скорости 6, указатель средней скорости 7 и указатель направления ветра 8.

Блок питания состоит из двух батарей аккумуляторов, вольтметра для измерения напряжения аккумуляторов и тумблера. Блок питания подключается к сети переменного тока.

Датчик анеморумбометра устанавливают на высокой мачте, а измерительный пульт и блок питания – в служебном помещении на столе. Датчик и измерительный пульт соединены между собой многожильным кабелем длиной 150 м, а измерительный пульт и блок питания – проводом длиной 2 м.

Для измерения направления ветра на 2 мин нажимают кнопку 9 и на глаз определяют среднее положение стрелки за это время. Максимальную скорость ветра, зафиксированную прибором между сроками наблюдений, отсчитывают по шкале 6 указателя. После этого, нажав кнопку 10, сбрасывают ее и отсчитывают еще максимальную скорость за 2-минутный интервал. Осредненную за 10-минутный интервал скорость ветра измеряют по шкале 7. Отсчеты скорости ветра производят с точностью до 1 м/с. Осреднение

скорости ветра и регистрация максимальных значений осуществляются автоматически. Пределы измерения скорости ветра – от 1,5 до 60 м/с.

### Контрольные вопросы

1. В каких единицах измеряют атмосферное давление?
2. Какой принцип работы приборов для измерения и записи атмосферного давления?
3. Какими способами определяют направление и скорость ветра?
4. Устройство и принцип работы ручного чашечного анемометра.
5. Чем отличаются приборы: анемометр, анемограф, анеморумбометр, анеморумбограф?

## Практическая работа № 15 СОСТАВ И МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

**Цель** – получить общее представление о климатических параметрах, составе и методах их расчетов.

### Основные задачи:

1. Освоить порядок обработки метеорологической информации.
2. Изучить состав и методы расчетов климатических параметров.

**Исходные данные:** учебно-справочная литература [1,3, 4,10], конспект лекций, учебные плакаты.

### Теоретическая часть.

Расчет и получение климатических параметров на основе обработки метеорологической информации осуществляется в несколько этапов. Данные опорных метеорологических таблиц, ежемесячников и ежегодников составляют *первый уровень* обработки.

Первый уровень обработки является базой для установления средних многолетних значений метеорологических элементов за пятилетие (*второй уровень обработки*) и за весь период наблюдений (*третий уровень обработки*).

*Четвертым уровнем* обработки климатической информации является пространственное обобщение климатических данных в виде карт изолиний, районирования территории, осреднения по территориально-экономическим районам.

Для характеристики режима метеорологических элементов при получении климатических параметров используются следующие виды показателей:

- показатели отдельных метеорологических элементов;
  - комплексные показатели;
  - показатели временной структуры метеорологических элементов.
- Показателями отдельных метеорологических элементов являются:
- повторяемость различных значений элемента;
  - накопленная повторяемость (обеспеченность);
  - средние значения;
  - крайне (максимальные и минимальные) значения;
  - показатели изменчивости;
  - показатели асимметрии и крутости кривой распределения.

### **Порядок выполнения.**

В соответствии с требованиями СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология» [4] в строительном проектировании (в т.ч. на сельской территории) применяются следующий состав и методы расчетов климатических параметров.

#### Температура воздуха и почвы.

*Абсолютные минимальная и максимальная температуры воздуха* представляют пределы (наименьшие и наибольшие значения), которые достигала температура воздуха в данном месте за период работы метеорологической станции.

*Температура воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки заданной обеспеченности.* По ежегодным данным определяются самые холодные сутки и методом скользящего осреднения – самая холодная пятидневка.

*Средние значения продолжительности и температуры периодов со средней суточной температурой воздуха не выше 0; 8 и 10 °С* рассчитываются по средним многолетним суточным температурам. По этим же данным определяются даты начала и окончания отопительного периода – перехода температуры воздуха через 8 °С. Температуры каждого суток года вычисляются по зависимостям, описывающим среднее многолетнее годовое распределение температуры воздуха.

*Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца года – июля* определяется осреднением максимальной температуры каждого дня месяца за многолетний период.

*Температура воздуха обеспеченностью 0,94 для холодного периода года и обеспеченностью 0,95; 0,96; 0,98; 0,99 для теплого периода года* рассчитываются по всей совокупности 8-срочных наблюдений за многолетний период.

*Среднемесячная температура воздуха* определяется как среднее арифметическое на основании среднесуточных температур за многолетний период.

*Средняя суточная амплитуда температуры воздуха* рассчитывается по ежедневным данным наблюдений как разность между суточным максимумом и минимумом за многолетний период.

*Среднее за год число дней с переходом температуры воздуха через 0 °С в течение суток* определяется по ежегодным данным числа дней с максимальной температурой воздуха выше 0 °С, а минимальной – равной и ниже 0 °С. Данные получают арифметическим осреднением за многолетний период.

*Глубина промерзания грунтов для открытой местности под естественным снежным покровом.* Средние из максимальных значений за год и наибольшие из максимальных за многолетний период глубины определяются на основе ежегодных максимальных значений глубины промерзания грунта.

*Глубина нулевой изотермы* характеризует глубину проникновения отрицательных температур в грунт. Ежегодно определялась максимальная глубина нулевой изотермы. Средние из максимальных за год значений и значения максимумов различной обеспеченности рассчитываются на основе ежегодного определения максимальной глубины нулевой изотермы на метеорологических площадках.

*Число дней с оттепелью* (с декабря по февраль) подсчитывается как среднее число дней за зиму с повышением температуры воздуха до положительных значений за многолетний период.

#### Осадки.

*Количество осадков за холодный (с ноября по март) и теплый (с апреля по октябрь) периоды* получают как среднемноголетние значения сумм осадков за данные периоды.

*Суточный максимум осадков*, характеризующий максимальную за год сумму осадков, выпавших в течение метеорологических суток, т. е. с 19 ч предыдущих суток до 19 ч следующих суток. Рассчитывается средний из ежегодных максимумов и наибольший суточный максимум за многолетний период.

*Максимальная за год интенсивность осадков за 20 мин* определяется по максимальному за год количеству осадков, выпавших за 20-минутный интервал. Максимальная интенсивность представляется как частное от деления этого максимума на 20 мин.

#### Влажность воздуха.

*Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч для самого холодного (января) и самого теплого (июля) месяцев* определяется по данным срочных (в 15 ч) измерений за многолетний период.

*Относительная влажность воздуха за отопительный период* определяется непосредственным подсчетом как среднее за период с температурами воздуха не выше 8 °С.

*Средняя месячная относительная влажность воздуха* определяется как среднее арифметическое на основании среднесуточных значений за многолетний период.



### Атмосферное давление.

*Среднее месячное атмосферное давление за январь* определяется как среднее арифметическое на основании среднесуточных значений за январь многолетнего периода.

### Снежный покров.

*Средняя и максимальная из наибольших за зиму декадных высот снежного покрова.* За каждую зиму периода наблюдений не менее 50 лет выбираются максимальные величины, по которым находятся среднее из наибольших и максимальное значение декадных высот снежного покрова.

*Максимальная суточная высота снежного покрова* определяется как наибольшая из максимальных за год значений высоты снежного покрова, полученных по данным снегосъемок в поле, проводимых в последний день каждой декады.

*Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова* определяется как среднее из ежегодных периодов устойчивого залегания снежного покрова. Период залегания снежного покрова определяется между датой образования устойчивого снежного покрова, когда площадь видимой окрестности метеорологической станции более чем на 60 % покрыта снегом, и датой разрушения устойчивого покрова, когда степень покрытия окрестности становится менее 60 %.

При этом устойчивым снежный покров считается в том случае, если он сохраняется не менее 30 дней с перерывами не более трех дней подряд.

### Ветер

*Преобладающее направление ветра в зимние и летние месяцы* выбирается по данным всех наблюдений за сезон как направление наибольшей повторяемости.

*Повторяемость скорости ветра* вычисляется как отношение числа ветров заданной градации к общему числу зафиксированных значений.

*Максимальная скорость ветра в январе и минимальная в июле* выбирается из средних скоростей ветра по румбам, повторяемость которых составляет 16 % и более.

*Число дней со скоростью ветра 10 м/с и более при отрицательной температуре воздуха.* Считаются все дни, когда, хотя бы в один из восьми ежесуточных сроков наблюдений, скорость ветра при 10-минутном осреднении достигала или превышала 10 м/с и при этом температура воздуха, как в этот срок, так и в среднем за сутки, была отрицательной.

*Повторяемость штилей за год* определяется как отношение числа сроков наблюдений со штилями к общему числу сроков наблюдений за год в среднем за многолетний период.

### Атмосферные явления

*Среднее число дней с атмосферными явлениями за год* рассчитывается многолетний период. Днем с пыльной бурей, грозой, туманом, метелью считается день, когда наблюдалось явление независимо от его продолжительности.

### Солнечное сияние и солнечная радиация

*Продолжительность солнечного сияния* определяется как среднее за многолетие число часов солнечного сияния за месяц и за год.

*Месячные суммы прямой и суммарной солнечной радиации на горизонтальную и различным образом ориентированные вертикальные поверхности при ясном небе* характеризуют теоретически возможный приход радиации, который имел бы место при отсутствии облачности в течение месяца.

Суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность получают по средним многолетним величинам энергетической освещенности прямой солнечной радиацией поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам (при ясном небе), и угловой высоте солнца над горизонтом. Значения для вертикальных поверхностей различной ориентации определяют умножением полученных сумм на коэффициенты, учитывающие высоту и азимут солнца.

Значения рассеянной солнечной радиации получают по данным об энергетической освещенности рассеянной солнечной радиацией при ясном небе горизонтальной поверхности.

### **Контрольные вопросы**

1. Что является первичной метеорологической информацией для получение климатических параметров ?
2. В чем состоит сущность и цель однородности условий метеорологических наблюдений?
3. Какие виды показателей используются при получении климатических параметров для характеристики режима метеорологических элементов?
4. Назовите состав климатических параметров для строительного проектирования.

### **Практическая работа № 16 РАСЧЕТЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

**Цель** – освоить методы получения расчетных величин климатических характеристик различной обеспеченности.

#### **Основные задачи:**

1. Изучить сущность и методы построения кривых обеспеченности климатических характеристик.

2. Построить графики эмпирических кривых обеспеченности климатических показателей температуры воздуха и атмосферных осадков.

3. Выполнить расчеты статистических параметров климатических характеристик и по их значениям подобрать и построить теоретические кривые обеспеченности.

**Исходные данные.** Многолетние данные метеорологических наблюдений, ранжированные ряды показателей температуры воздуха и атмосферных осадков, литература [1,3, 4,10].

#### **Теоретическая часть.**

Климатология как наука базируется на данных многолетних метеорологических наблюдений и после их математико-статистической обработки оперирует средними значениями, а также величинами заданной повторяемости (обеспеченности).

*Повторяемость* есть отношение числа случаев со значениями метеорологического элемента, входящими в данную градацию (интервал), к общему числу членов ряда (в долях единицы или в процентах). Повторяемость, полученную на основании длинного ряда наблюдений, называют вероятностью.

*Накопленная повторяемость* характеризует частоту появления значений метеорологического элемента, превышающих (или не превышающих) заранее заданное значение. Суммарную повторяемость, полученную на основании длинного ряда наблюдений, называют интегральной вероятностью или *обеспеченностью*. Обеспеченность (P) может выражаться в долях единицы или в процентах.

Расчет эмпирической (по результатам наблюдений) обеспеченности с использованием ранжированного метеорологического ряда согласно СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология» [4] производится по формуле

$$P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4}, \quad (16.1)$$

где m – порядковый номер члена метеорологического ряда;

n – общее число членов (длина) ряда.

Следует иметь в виду, что в зависимости от схемы расчетов по формуле (16.1) понятие «обеспеченность» может иметь два противоположных физических смысла. Если исходный метеорологический ряд ранжирован в порядке *убывания* его членов, то обеспеченность означает вероятность превышения данного члена ряда. Если же исходный ряд ранжирован в порядке *возрастания* его членов, то обеспеченность означает вероятность не превышения данного члена ряда.

Кроме того, в отдельных литературных источниках, например в [3], для расчета обеспеченности может использоваться «симметричная» формуле (16.1) зависимость

$$P = 1 - \frac{m - 0,3}{n + 0,4}. \quad (16.2)$$

В этом случае указанные выше понятия обеспеченности меняются на противоположные.

Для получения климатических характеристик любой заданной обеспеченности на основании расчетов по приведенным выше формулам строятся графики кривых обеспеченности. В виду ограниченной длины используемых при климатологической обработке метеорологических рядов графики их эмпирической обеспеченности имеют не вполне закономерный характер в виде ломаной кривой.

Для получения более устойчивых расчетных значений климатических характеристик эмпирические кривые сглаживаются *теоретическими кривыми обеспеченности*, которые подбираются по специальным таблицам (соответствующим тем или иным теоретическим законам распределения вероятностей) согласно статистическим параметрам изменчивости и асимметрии эмпирических рядов. В ряде случаев при большой кривизне получаемых графиков их строят не в обычных (линейных) координатах, а на специальной *клетчатке вероятностей* с логарифмической шкалой. Тип клетчатки (умеренная, значительная) выбирается по степени асимметрии эмпирического ряда.

Таким образом, при выборе теоретической кривой обеспеченности используются статистические показатели среднего арифметического, изменчивости и асимметрии.

*Показатели изменчивости* – расчетные характеристики, с помощью которых оценивается степень рассеивания значений исследуемого элемента по отношению к его среднеарифметическому значению.

К показателям изменчивости относятся:

1. *Среднеквадратическое отклонение*

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{\bar{n}\bar{\theta}})^2}{n}}, \quad (16.3)$$

где  $n$  – число наблюдений;

$X_i$  – значение при  $i$ -м наблюдении;

$X_{\text{ср}}$  – средняя арифметическая величина.

2. *Коэффициент вариации*

$$C_v = \frac{\sigma}{X_{\bar{n}\bar{\theta}}}. \quad (16.4)$$

3. *Дисперсия*

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{\bar{n}\bar{\theta}})^2}{n}. \quad (16.5)$$

*Показатели асимметрии* – величины, характеризующие закономерности распределения случайных величин, отличающихся от нормального распределения. К ним относятся коэффициент асимметрии и эксцесса.

Коэффициент асимметрии определяется по формуле

$$C_s = \frac{1}{n\sigma^3} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{ср}})^3. \quad (16.6)$$

При  $C_s = 0$  распределение симметричное.

При  $C_s > 0$  распределение асимметричное правостороннее.

При  $C_s < 0$  распределение асимметричное левостороннее.

Асимметрия считается малой при  $|C_s| \leq 0,25$ , умеренной при  $0,25 < |C_s| \leq 0,5$  и большой при  $|C_s| > 0,5$ .

### Порядок работы

Рекомендуется следующий порядок расчетов, пример которых приведен в табл. 16.1.

Таблица 16.1. Пример расчета статистических параметров для построения эмпирической и теоретической кривых обеспеченности температуры воздуха

№ пп	$X_i$	P, %	$X_i - X_{\text{ср}}$	$(X_i - X_{\text{ср}})^2$	$(X_i - X_{\text{ср}})^3$
1	2	3	4	5	6
1	25,7	2,3	6,6	43,56	287,50
2	23,8	5,6	4,7	22,09	103,82
3	23,2	8,9	4,1	16,81	68,92
4	22,2	12,2	3,1	9,61	29,79
5	21,7	15,5	2,6	6,76	17,58
6	21,4	18,8	2,3	5,29	12,17
7	21,1	22,0	2,0	4,00	8,00
8	20,9	25,3	1,8	3,24	5,83
9	20,7	28,6	1,6	2,56	4,10
10	20,5	31,9	1,4	1,96	2,74
11	20,3	35,2	1,2	1,44	1,73
12	20,0	38,5	0,9	0,81	0,73
13	19,7	41,8	0,6	0,36	0,22
14	19,4	45,1	0,3	0,09	0,03
15	19,3	48,4	0,2	0,04	0,01
16	19,2	51,6	0,1	0,01	0,00
17	19,2	54,9	0,1	0,01	0,00
18	18,9	58,2	-0,2	0,04	-0,01
19	18,4	61,5	-0,7	0,49	-0,34
20	17,8	64,8	-1,3	1,69	-2,20
21	17,3	68,1	-1,8	3,24	-5,83
22	16,8	71,4	-2,3	5,29	-12,17
23	16,6	74,7	-2,5	6,25	-15,63
24	16,3	78,0	-2,8	7,84	-21,95
25	16,2	81,3	-2,9	8,41	-24,39
26	16,1	84,5	-3,0	9,00	-27,00
27	15,8	87,8	-3,3	10,89	-35,94
28	15,7	91,1	-3,4	11,56	-39,30
29	14,4	94,4	-4,7	22,09	-103,82
30	14,1	97,7	-5,0	25,00	-125,00
$\Sigma$	572,7	–	-0,3	230,4	129,58

1. Занести в расчетную таблицу 16.1 исходный ранжированный ряд метеорологических данных  $X_i$  по заданному варианту. Исходные данные приведены в приложении 9.

2. Рассчитать по формуле (16.1) эмпирическую обеспеченность ( $P, \%$ ) каждого члена ряда  $X_i$  и построить на миллиметровой бумаге ее график  $X_i = f(P)$ , соединяя соседние значения (точки) прямыми отрезками. Для выражения обеспеченности в процентах, полученные по формуле (16.1) значения  $P$  необходимо умножать на 100.

На рис. 16.1 пример графика эмпирической кривой обеспеченности показан в виде ломаной линии 1.

3. Рассчитать по формулам (16.4) и (16.6) коэффициенты вариации  $C_V$  и асимметрии  $C_S$ , используя промежуточные расчетные колонки 4–6 табл. 16.1.

4. В зависимости от полученных значений  $C_V$ ,  $C_S$  и их соотношения ( $C_S/C_V$ ) подобрать соответствующую таблицу имеющихся теоретических распределений и выписать из нее ординаты теоретической кривой для значений обеспеченности 1, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 и 99%.

Таблицы теоретических кривых обеспеченности трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля приведены в приложениях 10, 11. Поскольку таблицы теоретических распределений представлены в безразмерном виде, выписанные из них ординаты необходимо умножить на среднее значение исследуемой климатической характеристики  $X_{cp}$ .

5. По полученным координатам построить плавные теоретические кривые на графиках эмпирических кривых. При правильном подборе теоретическая кривая должна осреднять без больших односторонних отклонений эмпирическую кривую на всем диапазоне обеспеченности от 0 до 1 (или от 0 до 100%).

Пример графиков эмпирической и теоретической кривых обеспеченности температуры воздуха теплого периода приведен на рис. 16.1.

#### **Пример выполнения упражнения.**

По данным колонок 2 и 3 табл. 16.1 строим график эмпирической кривой обеспеченности. Используя итоговые данные табл. 16.1 выполняем расчеты параметров  $X_{cp}$ ,  $\sigma$ ,  $C_V$  и  $C_S$ :

– среднее арифметическое  $X_{cp} = 572,7 / 30 = 19,1$ ;

– среднеквадратическое отклонение  $\sigma = \sqrt{\frac{230,4}{30}} = 2,77$ ;

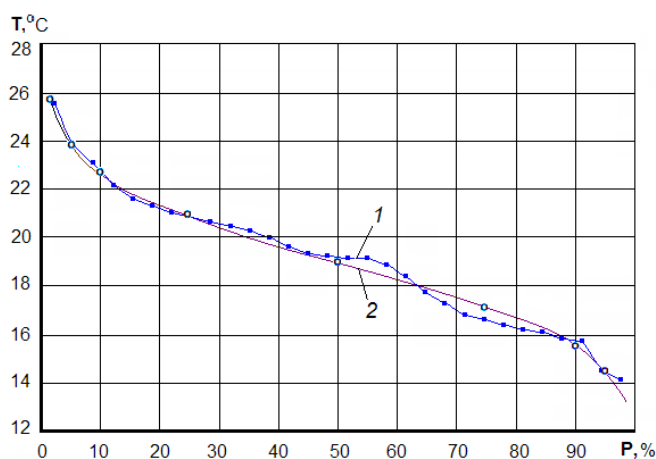


Рис. 16.1. Графики эмпирической (1) и теоретической (2) кривых обеспеченности температуры воздуха для теплого периода (пример)

– коэффициент вариации  $C_v = \frac{2,77}{19,1} = 0,145$  ;

– коэффициент асимметрии  $C_s = \frac{1}{30 \cdot 2,77} 129,58 = 0,203$  .

Соотношение  $C_v / C_s = 0,203 / 0,145 = 0,71$ . Из приложения 14 при ближайшем значении  $C_v / C_s = 0,5$  выписываем ординаты теоретической кривой для двух ближайших значений  $C_v$ , равных 0,14 и 0,16. Расчетные ординаты получаем путем интерполирования выписанных и умножая их на среднее значение 19,1 наносим на график 9.1.

Полученная кривая позволяет получить значение климатической характеристики любой требуемой обеспеченности.

### Контрольные вопросы

1. Что такое обеспеченность климатической характеристики?
2. Что отражает значение коэффициента вариации климатической характеристики?
3. Какой ряд исходных данных используется для построения эмпирической кривой обеспеченности?
4. С какой целью после построения эмпирической кривой строится теоретическая кривая обеспеченности?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вихров, В.И. Инженерные изыскания и строительная климатология: учебное пособие / В.И. Вихров. – Минск: «Вышэйшая школа», 2013. – 367 с.
2. СНБ 1.02.01-2019 Инженерные изыскания для строительства.
3. Леонович, И.И. Дорожная климатология: учебник / И.И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2005. – 485 с.
4. Строительная климатология. СНБ 2.04.02-2000. – Минск, 2001. – 38 с.
5. Желязко, В.И. Основы строительной климатологии и инженерной гидрологии: лабораторный практикум / В.И. Желязко, В.К. Курсаков, Г.Н. Рудковская. – Горки: БГСХА, 2007. – 108 с.
6. Вихров, В.И. Комплексные изыскания мелиоративных и водохозяйственных объектов: учебное пособие / В.И. Вихров. – Горки, 1997. – 216 с.
7. Никитенко, М.И. Инженерно-геологические изыскания в строительстве: учебное пособие / М.И. Никитенко. – Минск: БНТУ, 2005. – 224 с.
8. Инженерно-геодезические изыскания / СТБ 21.303-99. Государственный стандарт Республики Беларусь. Система проектной документации для строительства. – Минск, 2000. – 34 с.
9. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания для мелиоративного и водохозяйственного строительства. П1-03 к СНБ 1.02.01-96. – Минск, 2004. – 57 с.
10. Хромов, С. П. Метеорология и климатология: учебник / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – Л.: Гидрометеиздат, 1994. – 520 с.
11. Климов, О. Д. Основы инженерных изысканий / О.Д. Климов. – М.: Недра, 1984. – 280 с.
12. Инженерные изыскания в строительстве. / Под ред. С.П. Абрамова. Справочник строителя. – М.: Стройиздат, 1982. – 359 с.
13. Каўрыга, П.А. Лабараторны практыкум па метэаралогіі і кліматалогіі / П.А. Каўрыга. – Мінск.: Ураджай, 1997. – 90 с.
14. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ-82). Часть XII. Топографо-геодезические работы. – Минск, 1984. – 212 с.
15. (РПИ-82). Часть XIII. Почвенно-мелиоративные изыскания. – Минск, 1987. – 110 с.
16. (РПИ-82). Часть XV. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания. – Минск, 1987. – 334 с.
17. (РПИ-82). Часть XVI. Мелиоративно-гидротехнические изыскания. – Минск, 1987. – 160 с.
18. Изыскания для мелиоративного, водохозяйственного и сельскохозяйственного строительства. Методические указания по выполнению упражнений и задания / Сост. В. И. Вихров. – Горки, 2009. – 32 с.



19. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Ин-т геол. наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

20. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: Справочник / Под ред. М.А. Гольберга. – Минск: Центр Экология, 2002. – 132 с.

**3 Раздел контроля знаний**  
**Перечень вопросов, выносимых на зачет**  
**по дисциплине «Изыскания и строительная климатология»**

1. Предмет и значение инженерных изысканий и строительной климатологии для водохозяйственного строительства.
2. Комплексность изысканий, климатологии и их связь с другими науками.
3. Понятие о погоде и климате.
4. Классификация изысканий для водохозяйственного строительства.
5. Стадийность проектирования и изысканий.
6. Виды объектов сельского строительства и особенности их изысканий.
7. Организация изыскательских работ.
8. Задачи и состав инженерно-геодезических изысканий.
9. Геодезическая основа топографо-геодезических работ.
10. Исходные геодезические данные и рекогносцировка объекта изысканий.
11. Виды, конструкция и закладка геодезических знаков.
12. Плановые геодезические знаки и их использование.
13. Высотные геодезические знаки и их использование.
14. Сущность и методы создания съемочной геодезической сети объекта.
15. Высотное геодезическое обоснование.
16. Особенности нивелирования через водные преграды.
17. Виды крупномасштабных топографических съемок.
18. Объекты, подлежащие ситуационной геодезической съемке.
19. Съемка рек, каналов и водоемов.
20. Изыскания трасс линейных объектов и сооружений.
21. Задачи, условия и состав геологических изысканий.
22. Горно-буровые изыскательские работы.
23. Полевые методы исследований грунтов. Испытание штампом и прессиометрия.
24. Геофизические методы изысканий.
25. Изыскания местных строительных материалов.
26. Изыскания биогенных грунтов и отложений.
27. Полевые опытно-фильтрационные работы.
28. Почвы Республики Беларусь и мелиоративный фонд.
29. Изучение вводно-физических свойств почв в полевых условиях.
30. Почвенная и ботанико-культуртехническая съемка.
31. Культуртехническая оценка территории.
32. Определение залесенности, закустаренности и пнистости земель.
33. Оценка каменистости, заочкаренности земель и выраженности микрорельефа..
34. Задачи и состав гидрологических изысканий

35. Речная система и ее гидрографические характеристики
36. Полевые гидрометрические работы.
37. Агрэкономические изыскания.
38. Изыскания для проектирования природоохранных мероприятий.
39. Радиологические изыскания территории.
40. Мелиоративно-гидротехнические изыскания построенных объектов.
41. Понятия локального и глобального климата.
42. Климатообразующие факторы.
43. Классификация климатов.
44. Природно-климатическое районирование территорий.
45. Горизонтальная структура тропосферы.
46. Методы исследований в метеорологии.
47. Организация метеорологических наблюдений.
48. Метеорологические величины и явления.
49. Солнечная радиация.
50. Альbedo и радиационный баланс земной и водной поверхности.
51. Тепловой режим атмосферы.
52. Средства измерения температуры воздуха и почвы.
53. Влажность воздуха и ее характеристики.
54. Методы и средства измерения влажности воздуха.
55. Классификация атмосферных осадков, их образование и режим.
56. Снежный покров, промерзание почвы и водоемов.
57. Методы и средства измерения атмосферных осадков и снежного покрова.
58. Атмосферное давление и барическое поле.
59. Методы и средства измерения скорости и направления ветра.
60. Показатели временной изменчивости климатических параметров.
61. Состав и область применения климатических параметров в строительстве.
62. Построение кривых обеспеченности климатических характеристик.
63. Определение продолжительности периода с заданной температурой воздуха.
64. Влияние метеорологических факторов на технологию строительства.
65. Стихийные гидрометеорологические явления и их предупреждение.

**4 Вспомогательный раздел**  
**Учебная программа по дисциплине**  
**«Изыскания и строительная климатология» для студентов**  
**специальности 1-74 05 01 – «Мелиорация и водное хозяйство»**

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор БрГТУ

\_\_\_\_\_ А.М.Омельянюк  
«24» \_\_\_\_\_ 12 \_\_\_\_\_ 2019 г.

Регистрационный № УД-19-2-352/уч.

Изыскания и строительная климатология

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство

**2019 г.**

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта по специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство»

**СОСТАВИТЕЛИ:**

С.С. Стельмашук, доцент кафедры природообустройства, к.т.н., доцент  
Д.Н. Дашкевич, старший преподаватель кафедры природообустройства

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой природообустройства  
(название кафедры-разработчика программы)

(протокол № 4 от 13.12.2019 г.);

Методической факультета инженерных систем и экологии  
комиссией  
(название факультета)

(протокол № 2 от 20.12.2019 г.);

Председатель Ан.А.Волчек  
(ФИО, подпись)

Советом Брестского государственного технического университета  
(протокол № 5 от 24.12.2019 г.);

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Основу проектирования и строительства мелиоративных и водохозяйственных объектов составляют материалы комплексных инженерных изысканий.

Мелиорация земель в Республике Беларусь требует дальнейшего совершенствования проектно-изыскательских работ, внедрения вариантного и альтернативного проектирования с максимальным учетом ресурсосберегающих и природоохранных технологий.

Особое внимание должно уделяться изысканиям для проектирования гидромелиоративных систем, гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов.

Инженерные изыскания определяют качество не только этапа проектирования водохозяйственных объектов, но и этапов их строительства и последующей эксплуатации. Специфическая роль и значение изысканий состоит в том, что они, являясь начальным звеном поэтапного производственного процесса, составляют его информационную инженерно-экологическую основу.

Строительная климатология обеспечивает научно обоснованный учёт местных климатических и метеорологических условий объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства и обустройства территорий, что позволяет повышать технико-экономическую и экологическую эффективность проектных решений.

### **Цель преподавания дисциплины**

Получение знаний о видах, составе и методике проведения комплексных исследований мелиоративных и водохозяйственных объектов.

### **Задачи изучения дисциплины**

- выявление содержания и роли инженерно-мелиоративных изысканий для проектирования, строительства и охраны природы;
- освоение теоретических основ и технических условий выполнения комплексных инженерно-мелиоративных изысканий;
- овладение практическими навыками организации и проведения подготовительных, полевых и камеральных изысканий.

### **Студент должен знать:**

- современную классификацию инженерно-мелиоративных изысканий, структуру изыскательских подразделений и организацию изыскательских работ;
- состав и методику проведения основных видов изысканий: топографо-геодезических, почвенно-мелиоративных, гидрологических, геологических, мелиоративно-гидротехнических;
- требования по охране труда и охране окружающей среды при проведении изысканий.

### **Студент должен уметь:**

- намечать виды и состав изыскательских работ на основе анализа природно-хозяйственных условий объекта и стадии его проектирования;
- пользоваться документацией по организации и проведению инженерно-мелиоративных изысканий;
- использовать имеющиеся и составлять итоговые картографические материалы изысканий;
- участвовать в проведении основных видов полевых изысканий на проектируемом объекте;
- проводить полевые обследования существующих мелиоративных систем и сооружений.

### **Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения**

#### **курса:**

инженерная геодезия, мелиоративное почвоведение, гидравлика, инженерная геология и гидрогеология, механика грунтов, основания и фундаменты.

На изучение дисциплины в соответствии с учебным планом отводится 108 часов, в т.ч. 51 час аудиторных. Для наиболее комплексного изучения дисциплины рекомендуется использовать следующие формы обучения: лекционные занятия в количестве 17 часов, практические занятия в количестве 34 часа. В качестве основных методов обучения рекомендуется обсуждение проблем с формулированием проблемных вопросов, дискуссий в группах и др.

### **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

#### **Введение.**

Сущность и виды комплексных исследований.

Значение комплексных исследований для мелиоративного, дорожного и водохозяйственного строительства.

Понятие о погоде и климате. История развития метеорологии и климатологии.

Определение комплексных инженерно-мелиоративных изысканий.

Роль изысканий для проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных, дорожных и водохозяйственных объектов. Краткая история развития проектно-изыскательских работ на территории Республики Беларусь. Экологическое значение изысканий на современном этапе.

Виды и классификация инженерно-мелиоративных изысканий, связь с другими дисциплинами и науками.

Стадии проектирования и изысканий мелиоративных, дорожных и водохозяйственных объектов.

Современная классификация инженерно-мелиоративных изысканий.

Организация изыскательских работ.

Проектно-изыскательские организации и их функции. Структура изыскательских подразделений, их основные обязанности и права.

Документация, регламентирующая производство изыскательских работ. Техническое задание, программа работ, сметно-договорная документация. Отчетные материалы.



## **Инженерно-геодезические изыскания.**

Сущность и состав топографо-геодезических работ.

Топографо-геодезические работы как основа проектирования проведения других видов изысканий. Состав топографо-геодезических изысканий по стадиям проектирования. Выбор масштабов топографических съемок.

Анализ исходных материалов, рекогносцировка объекта. Виды и закладка плановых и высотных геодезических знаков на объектах мелиорации, дорожного и водного хозяйства.

Планово-высотное обоснование.

Геодезическая основа и состав планово-высотного съемочного обоснования на объекте.

Плановое геодезическое обоснование, применяемые масштабы и методы. Особенности плановой привязки съемочного обоснования объектов мелиорации, дорожного и водного хозяйства. Угловые и линейные измерения при изысканиях.

Высотное геодезическое обоснование. Основные требования и методы. Условия нивелирования IV класса и технического. Нивелирование через водные преграды.

Виды крупномасштабных топографических съемок и условия применения. Объекты, подлежащие планово-высотной съемки при изысканиях.

Особенности съемки рек, каналов, озер, водохранилищ. Съемки площадок под гидротехнические узлы и сооружения. Изыскания трасс линейных сооружений. Камеральное и полевое трассирование. Нивелирование трассы.

Понятие о цифровых моделях местности.

## **Комплексные почвенно-мелиоративные исследования.**

Почвенные изыскания.

Задачи и состав почвенных изысканий по стадиям проектирования. Комплексность почвенных изысканий. Почвы мелиоративного фонда Республики Беларусь.

Почвенная съемка. Категории сложности природных условий и масштабы съемки. Виды и закладка почвенных разрезов. Отбор образцов и объемы опытных работ. Изучение водно-физических свойств почв. Съемка для составления картограммы кислотности почв.

Ботанико-культуртехнические исследования.

Геоботанические изыскания растительных сообществ. Виды культуртехнических изысканий (исследования залесенности, закустаренности, пнистости, каменистости, заочкаренности и т.д.).

Категории сложности природных условий, размеры и количество учетных площадок.

Комплексная почвенно-мелиоративная карта.

Основа и порядок составления комплексной почвенно-мелиоративной карты для условий Беларуси. Условные обозначения почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий. Мелиоративная группировка почв.

### **Гидрологические и гидрометеорологические исследования.**

Гидрологические исследования.

Цель и состав гидрологических изысканий.

Рекогносцировочные обследования гидрологического режима рек и их бассейнов. Нивелирование работы на реках.

Гидрометрические работы. Выбор места и типа водомерного поста, состав наблюдений. Ледовые явления. Наблюдения за речным стоком.

Гидрометеорологические изыскания.

Климатические исследования. Климатическая характеристика объекта.

Основные метеорологические элементы и явления.

Агрометеорологические исследования. Условия и методика наблюдений.

Воднобалансовые исследования на мелиоративных и водохозяйственных объектах.

### **Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования.**

Изыскания объектов мелиоративного строительства.

Основные задачи инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий. Комплексная инженерно-гидрогеологическая съемка. Категории сложности инженерно-геологических и гидрогеологических условий.

Инженерно-гидрогеологическое районирование территории. Классификация грунтов при изысканиях.

Состав геологических изысканий для проектов осушения и орошения.

Изыскания объектов орошения с использованием животноводческих стоков.

Изыскания объектов водохозяйственного, дорожного строительства и сооружений.

Крупномасштабная инженерно-геологическая съемка. Исследования на площадках под гидросооружения, здания, плотины, пруды, водохранилища и дороги. Разведочные работы по трассам линейных сооружений. Буровые работы. Состав лабораторных исследований грунтов оснований сооружений.

Изыскания лессовидных отложений. Геофизические методы исследований.

Изыскания строительных материалов в биогенных отложениях.

Изыскания месторождений минеральных стройматериалов. Категории разведки, группы месторождений несвязных и связных грунтов.

Изыскания участков для добычи торфа на удобрение и подстилку.

Классификация запасов торфа. Торфоразведочные и торфоисследовательские работы.

Изыскания сапропелей и болотных грунтов.

### **Мелиоративно-гидротехнические и экологические исследования.**

Изыскания для проектов нового строительства.

Состав комплексных мелиоративно-гидротехнических изысканий.

Подготовительные работы. Предварительные натурные обследования.

Изыскания для проектирования дорожной сети.

Обследование построенных мелиоративных систем и сооружений.

Задачи обследования и представленные материалы. Инвентаризация существующих мелиоративных систем. Обследование открытой и закрытой мелиоративной сети. Наблюдения за уровнем грунтовых вод и дренажных стоком.

Обследование оросительных систем. Обследования прудов и водохранилищ. Обследования гидротехнических и линейных сооружений.

Изыскания для проектирования мероприятий по охране окружающей среды.

Элементы окружающей среды, подлежащие охране. Изыскания источников загрязнения вод, земель, недр, воздействия на животный и растительный мир. Требования к качеству природных вод.

Изыскания экологической обстановки для проектирования природоохранных мероприятий.

Прогнозные оценки изменений природной среды. Изыскания на загрязненных радионуклидами землях.

### **Агроэкономические исследования.**

Состав и объем материалов, собираемых для разработки агроэкономической части проекта.

Агроэкономические исследования для стадии «Архитектурный проект», для стадии «Строительный проект». Агроэкономические данные, необходимые для обоснования проектирования и реконструкции мелиоративных и водохозяйственных систем.

### **Техника безопасности при комплексных изысканиях мелиоративных и водохозяйственных объектов.**

Техника безопасности при топографо-геодезических, почвенно-мелиоративных, гидрологических и метеорологических, мелиоративно-гидротехнических, геологических и гидрогеологических изысканиях.

### **Основы общей климатологии. Расчетные климатические параметры для строительного проектирования.**

Всемирная служба погоды. Классификация климатов. Природно-климатическое районирование территории Беларуси.

Сеть метеорологических наблюдений в Республике Беларусь. Метеорологические элементы, величины и явления.

Солнечная радиация и актинометрические характеристики.

Тепловой режим атмосферы, почвы и водоемов.

Влажность воздуха и ее характеристики.

Испарение, конденсация водяного пара и облака.

Атмосферные осадки, снежный покров, замерзание почвы и водоемов. Атмосферное давление, барическое поле, синоптические прогнозы погоды.

Ветер и его характеристики.

Определение климатических параметров заданной обеспеченности.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(для дневной формы обучения)

№ п/п	Наименование тем	Количество аудиторных часов			
		Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Форма контроля знаний
1.	Введение. Общие сведения об изысканиях и строительной климатологии	2			
2.	Сущность и виды комплексных исследований		2		
3.	Значение комплексных исследований для мелиоративного, дорожного и водохозяйственного строительства	2	2		
4.	Инженерно-геодезические изыскания	2	4		опрос
5.	Комплексные почвенно-мелиоративные исследования	1	6		
6.	Гидрологические и гидрометеорологические исследования	2	2		
7.	Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования	2	2		
8.	Мелиоративно-гидротехнические и экологические исследования	3	4		
9.	Состав комплексных мелиоративно-гидротехнических изысканий		2		
10.	Агрэкономические исследования	1	2		опрос
11.	Техника безопасности при комплексных изысканиях мелиоративных и водохозяйственных объектов		2		
12.	Основы общей климатологии. Расчетные климатические параметры для строительного проектирования.	2	6		
	Всего:	17	34	-	Зачет

## 5. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Изучение технической документации по результатам исследования природно-хозяйственных условий при гидромелиоративном, дорожном строительстве и составление перечня документов.
2. Составление технического задания на исследование природно-хозяйственных условий мелиоративного объекта.
3. Обоснование необходимости регулирования реки-водоприемника и определение состава изысканий по его трассе.
4. Почвенно-мелиоративное картирование, построение геологических разрезов, гидрологическая характеристика объекта.
5. Определение впитывающей способности почво-грунтов и коэффициента фильтрации из одиночных скважин и шурфов.
6. Виды, конструкции и технология закладки геодезических знаков при инженерно-мелиоративных изысканиях.
7. Изучение технических условий, состава и методики проведения почвенных и культуртехнических изысканий на проектируемом объекте.
8. Составление проекта спорной геодезической сети и сети съемочного обоснования на схеме мелиоративного объекта.
9. Изучение методик и схем обследования существующих мелиоративных систем, гидротехнических и линейных сооружений.
10. Определение климатических параметров заданной обеспеченности.
11. Определение и расчет основных агроэкономических показателей.
12. Речной сток и методы его исследования.
13. Расчет теплового режима атмосферы.
14. Картографирование климатических параметров на территории Беларуси.
15. Техника безопасности при комплексных изысканиях мелиоративных и водохозяйственных объектов.

#### Основная литература

1. Вихров В.И. Инженерные изыскания и строительная климатология. – Минск: Высшая школа, 2013. –367 с.
2. Строительная климатология. СНБ 2.04.02-2000. Минск, 2001.
3. СНБ 1.02.01-2019 Инженерные изыскания для строительства
4. Вихров В.И. Изыскания и строительная климатология: Практикум / В. И. Вихров. – Горки: БГСХА, 2014. – 192 с.
5. Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. Л., 1994.

6. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ-82). Часть XII. Топографо-геодезические работы. Минск, 1984.
7. РПИ-82. Часть XIII. Почвенно-мелиоративные изыскания. Минск, 1987.
8. РПИ-82. Часть XIV. Гидрологические изыскания. Минск, 1983.
9. РПИ-82. Часть XV. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания. Минск, 1987.
10. РПИ-82. Часть XVI. Мелиоративно-гидротехнические изыскания. Минск, 1983.
11. Инженерные изыскания для строительства. СНБ 2.04.02-2000. Минск, 2001.
12. Гидромелиоративные системы и сооружения. Почвенные изыскания. ВСН 33-2.1.02-91. В/О «Союзводпроект». – М., 1991.
13. Гидромелиоративные системы и сооружения. Гидротехнические и инженерно-геологические изыскания. ВСН 33-2.1.05-90. В/О «Союзводпроект». – М., 1990.
14. Вихров В.И. Комплексные изыскания мелиоративных и водохозяйственных объектов. Горки, 1997.

#### *Дополнительная литература*

1. Климов О.Д. Основы инженерных изысканий. – М.: Недра, 1974.
2. Рылов В.Н., Стариков Х.Н. Основы современной культуртехники. – М.: Колос, 1975.
3. Леонович, И.И. Дорожная климатология. – Минск, 2005.