

# Тема 2: Инженерное обеспечение гидротехнического строительства



**Атаманова О.В., д.т.н.,  
проф.**

# План лекции:

1. Геодезические изыскания.
2. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для гидротехнического строительства.
3. Инженерно-экологические изыскания.
4. Инженерно-геологические изыскания для гидротехнического строительства. Их основные этапы.

# Геодезические изыскания

Геодезия (греч. γεωδαισία – деление земли, от γῆ – Земля и δαίζω – делю) – одна из наук о Земле, точная наука о фигуре, параметрах вращения Земли и их изменениях во времени.

К *основным задачам геодезии* относятся: выполнение измерений на поверхности земли, а также изображение участков поверхности земли на топографических картах и планах.

Инженерно-геодезические изыскания для гидротехнического строительства должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (надземных, подземных и надземных) и других элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории (акватории) строительства и обоснования проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации гидротехнических объектов.



Инженерно-геодезические изыскания  
следует выполнять, как правило, в *три*  
этапа:

подготовительный, полевой и камеральный.

В *подготовительном* этапе должны быть выполнены:

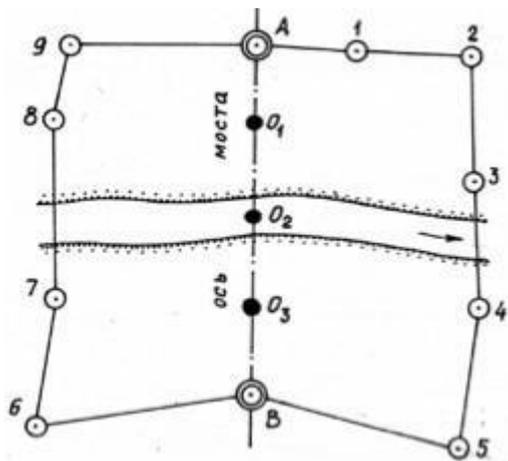
- оформление соответствующих лицензий на право производства инженерных изысканий для гидротехнического строительства;
- получение технического задания и подготовка договорной (контрактной) документации;
- сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет на район (участок, площадку) изысканий, а также топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных, находящихся в государственных федеральных, территориальных и ведомственных фондах;
- подготовка программы (предписания) инженерно-геодезических изысканий в соответствии с требованиями технического задания заказчика и пп.4.14 и 5.6 СНиП 11-02-96, с учетом опасных природных и техногенных условий территории (акватории);
- осуществление в установленном порядке регистрации (получение разрешений) производства инженерно-геодезических изысканий.

В *полевом* этапе должны быть произведены рекогносцировочные обследования территории (акватории) и комплекс полевых работ в составе инженерно-геодезических изысканий, а также необходимый объем вычислительных и других работ по предварительной обработке полученных материалов и данных для обеспечения контроля их качества, полноты и точности.



В *камеральном* этапе должны быть выполнены:

- окончательная обработка полевых материалов и данных с оценкой точности полученных результатов, с необходимой для проектирования и строительства информацией об объектах, элементах ситуации и рельефа местности, о подземных и надземных сооружениях с указанием их технических характеристик, а также об опасных природных и природно-антропогенных процессах;
- составление и передача заказчику технического отчета (пояснительной записки) с необходимыми приложениями по результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий;
- передача в установленном порядке отчетных материалов выполненных инженерно-геодезических изысканий в государственные фонды (п.4.25 СНиП 11-02-96).



В соответствии с СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства», геодезической основой при производстве инженерно-геодезических изысканий на площадках строительства служат:

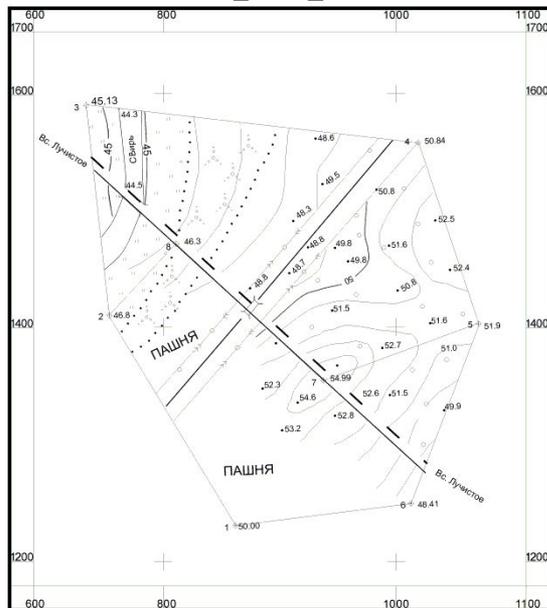
- пункты государственных геодезических сетей (плановых и высотных), в том числе пункты спутниковых геодезических определений координат;
- пункты опорной геодезической сети, в том числе геодезических сетей специального назначения для строительства;
- пункты геодезической разбивочной основы;
- точки (пункты) планово-высотной съемочной геодезической сети (постоянного съемочного обоснования) и фотограмметрического сгущения.





**Топографический план** (от лат. *planum* – плоскость) – крупномасштабный чертеж, изображающий в условных знаках на плоскости (в масштабе 1:10 000 и крупнее) небольшой участок земной поверхности, построенный без учета кривизны уровенной поверхности и сохраняющий постоянный масштаб в любой точке и по всем направлениям.

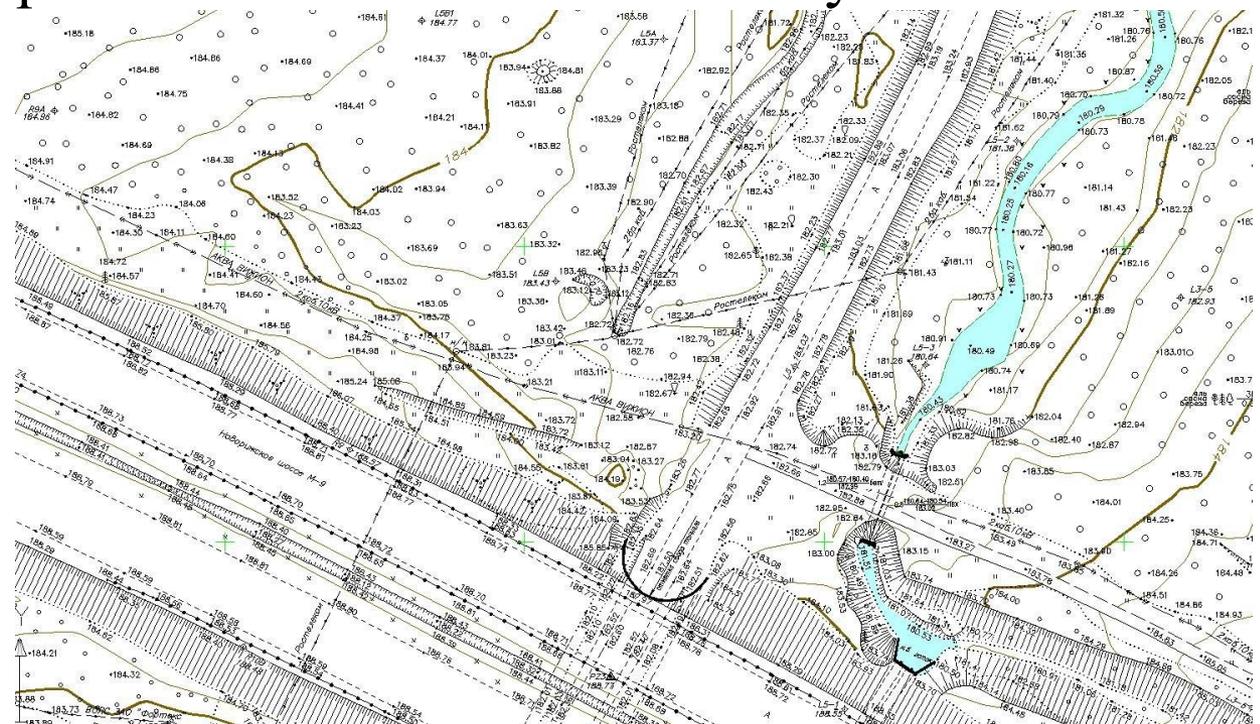
Топографический план обладает всеми свойствами топографической карты и является ее частным случаем.



1:2000

План тахеометрической съемки

В 1 сантиметре 20 метров  
Сплошные горизонталы проведены  
через 1 метр

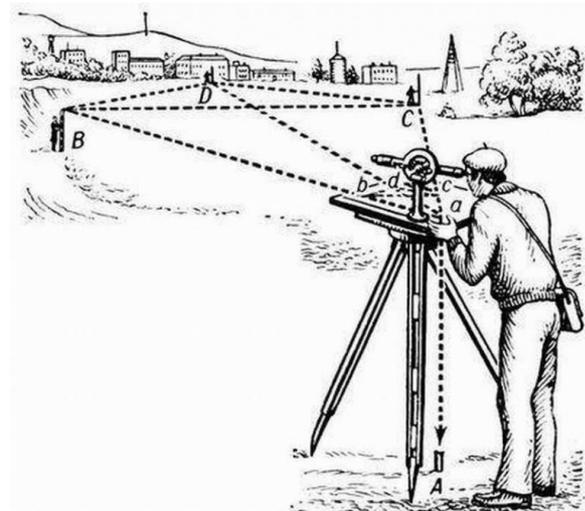
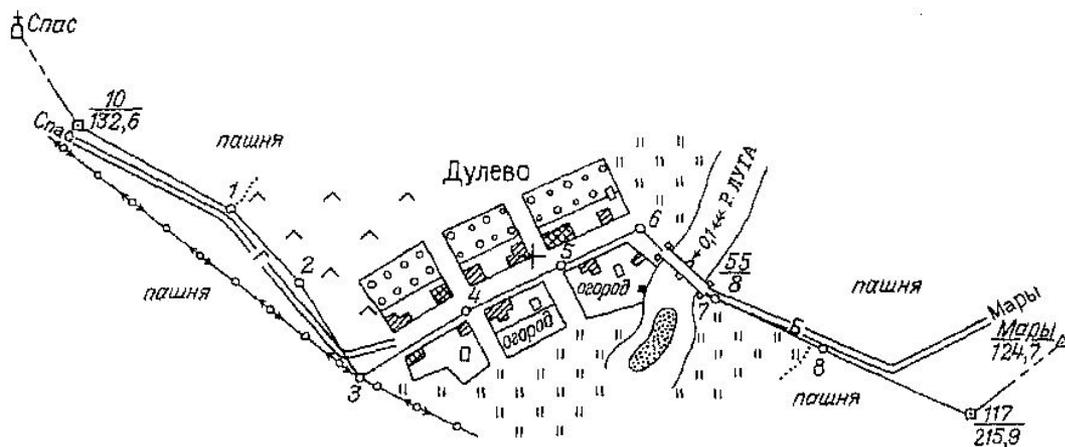


**Топографические карты и планы** создаются на основе топографической съемки, представляющей комплекс геодезических работ на местности, включающих инженерно-геодезические изыскания.

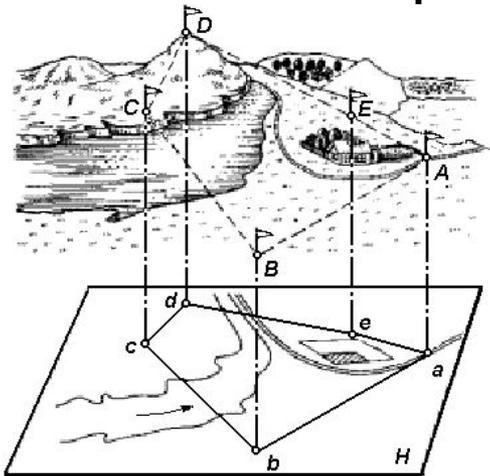
Для составления топографических планов различают съемки:

- крупных масштабов (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000)
- мелких масштабов (1:10000, 1:25000 и мельче).

Топографические карты обычно выполняются в масштабах 1:25000 и мельче.

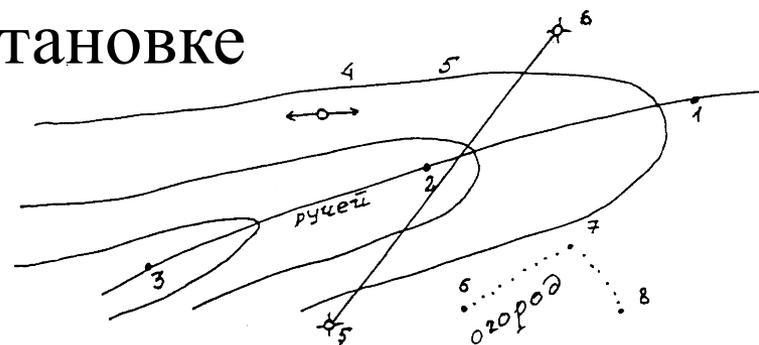


Топографическая съемка местности при инженерно-геодезических изысканиях для гидротехнического строительства выполняется методами: *горизонтальным*, *высотным* (вертикальным), *мензурным*, *тахеометрическим*, *нивелированием* поверхности, *наземным фототопографическим*, *комбинированным аэрофототопографическим*, с использованием спутниковой геодезической аппаратуры (приемников GPS и др.), а также сочетанием различных методов.



# Линейные измерения. Приборы для непосредственного измерения расстояний, их компарирование

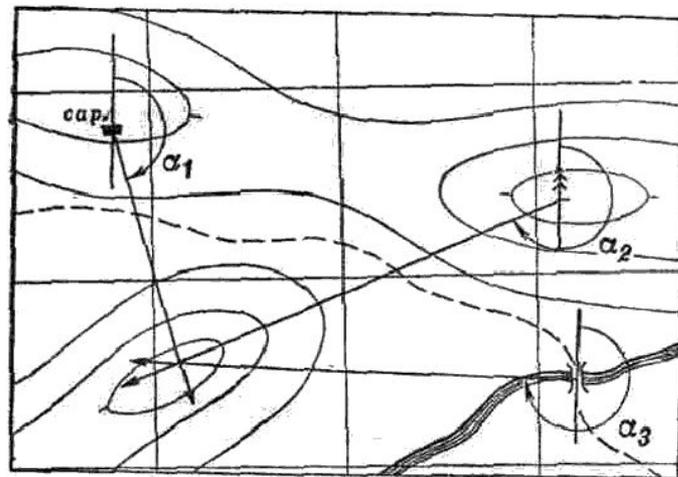
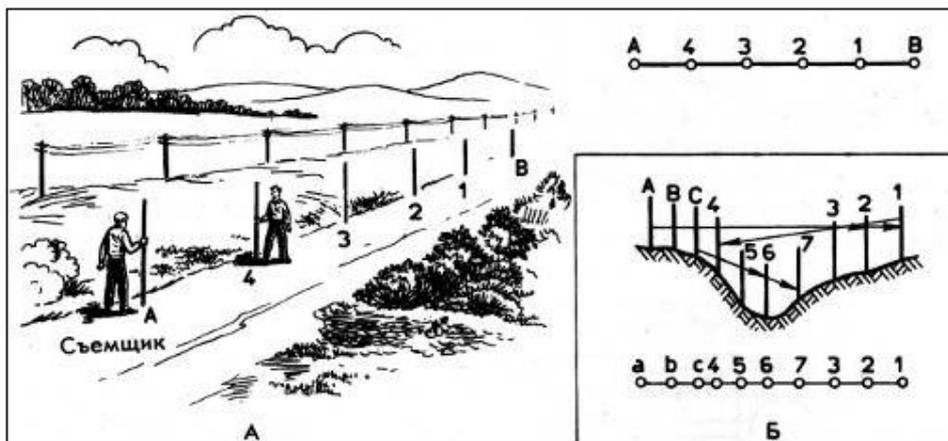
Линейные измерения выполняют при производстве различных геодезических работ: при создании опорных геодезических сетей, при трассировании линейных сооружений, в процессе выполнения разбивочных работ, при монтаже строительных конструкций и установке оборудования и т.п.



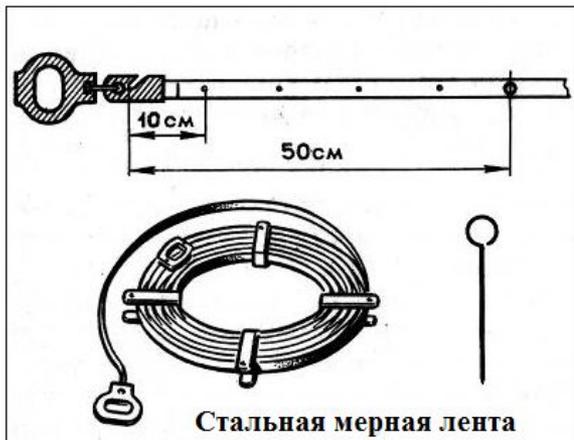
Расстояния измеряют *непосредственно* или *косвенно*.

При *непосредственном* измерении ленту, рулетку, проволоку или их части последовательно укладывают в створе измеряемого отрезка, сумма целого числа отложенных длин мерных приборов плюс длина остатка дает длину измеряемой линии.

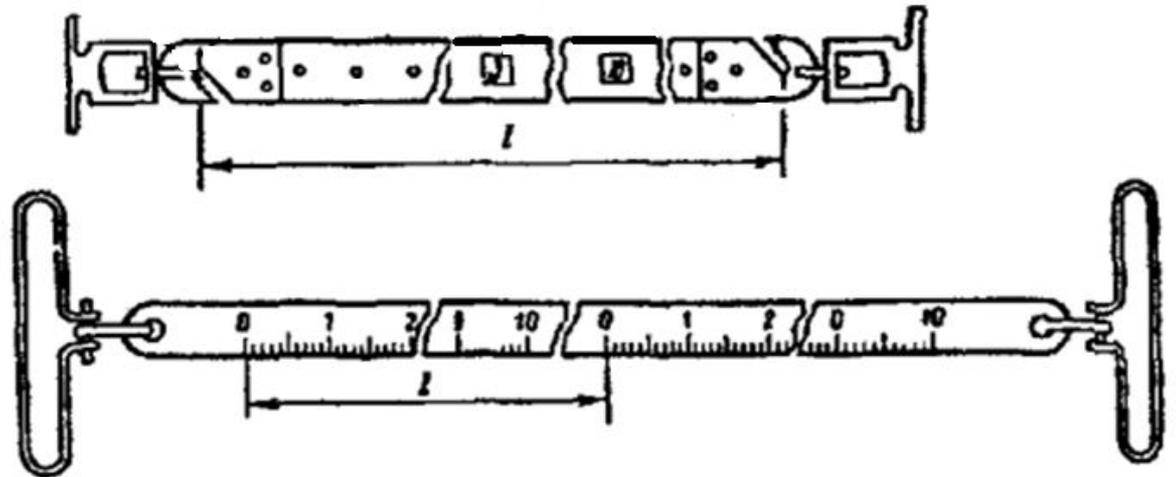
При *косвенном* измерении определяют углы, базисы, время распространения электромагнитных волн и другие величины, а затем, используя формулы, выражающие зависимость между определяемой линией и измеренными величинами, определяют длины отрезков.



Отрезки небольших размеров чаще всего измеряют простейшими мерными приборами: мерной лентой, рулеткой, оптическими дальномерами.



Стальная мерная лента



Рулетка геодезическая, 50 м



Рулетка геодезическая Sparta



Лазерная рулетка-дальномер South PD-58



Рулетка геодезическая CST/Berger 82-100MA

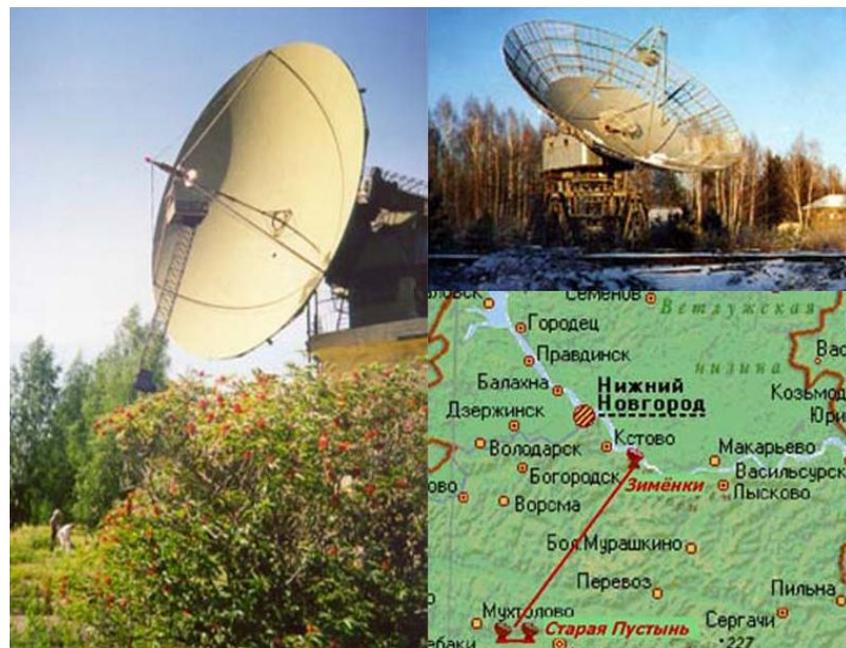
Большие длины измеряют с помощью свето- и радиодальномеров, радиовысотометров, радиоинтерферометров со сверхдальной базой, позволяющими с высокой точностью измерять отрезки длиной от нескольких метров до десятков и сотен тысяч километров.



Лазерные светодальномеры  
фирмы Leica



Радидальномер РГД



Мерные ленты и рулетки перед измерением ими линий должны быть проверены. Данная проверка называется **компарированием** и состоит в установлении действительной длины мерного прибора путем его сравнения с образцовым прибором, длина которого точно известна.

Для компарирования *штриховых* лент за образцовый мерный прибор принимают одну из лент, имеющих на производстве, длину которой выверяют в лаборатории Государственного надзора за стандартами и измерительной техникой Государственного комитета стандартов РФ и пользуются ею при сравнении с рабочими лентами. Компарирование *шкаловых* лент производят на специальных приборах, называемых **стационарными компараторами**.

В Саратове имеется Центр метрологии и стандартизации, где этим занимаются.

Простейший способ компарирования штриховых лент состоит в следующем. На горизонтальной поверхности, например, на полу, укладывают образцовую ленту. Рядом с ней кладут проверяемую ленту так, чтобы их края касались друг друга, а нулевые штрихи совмещались. Жестко закрепив концы с нулевыми штрихами, ленты натягивают с одинаковой силой и измеряют миллиметровой линейкой величину несовпадения конечных штрихов на других концах лент. Данная величина показывает на сколько миллиметров рабочая лента короче или длиннее образцовой и называется поправкой за компарирование  $\Delta\ell$ .

Длина проверяемой 20-метровой ленты не должна отличаться от длины образцовой ленты более чем на  $\pm 2$  мм. В противном случае в результаты измерения линий вводят поправки. При этом, выполняя измерения линий рабочей лентой, полагают, что её длина равняется 20 м. Поправки определяют по формуле

$$\Delta d = \frac{D}{20} \cdot \Delta\ell$$

где  $D$  – длина измеренной линии.

# Угловые измерения. Теодолит

Для определения плановых координат точек, когда поверхность Земли можно принять за плоскость, на местности, кроме измерения горизонтальных проложений, измеряют горизонтальные углы, а для определения высот - вертикальные углы от которых переходят к углам наклона или зенитным расстояниям.

**Горизонтальный** угол равен двугранному углу между вертикальными плоскостями  $Q$  и  $P$ , проходящими через отвесную линию, содержащую вершину угла  $B$  и точки  $A$  и  $C$  местности (рис.), мерой этого угла является плоский угол  $\beta$ , расположенный в горизонтальной плоскости  $A_0BC_0$  перпендикулярное плоскостям  $P$  и  $Q$ .

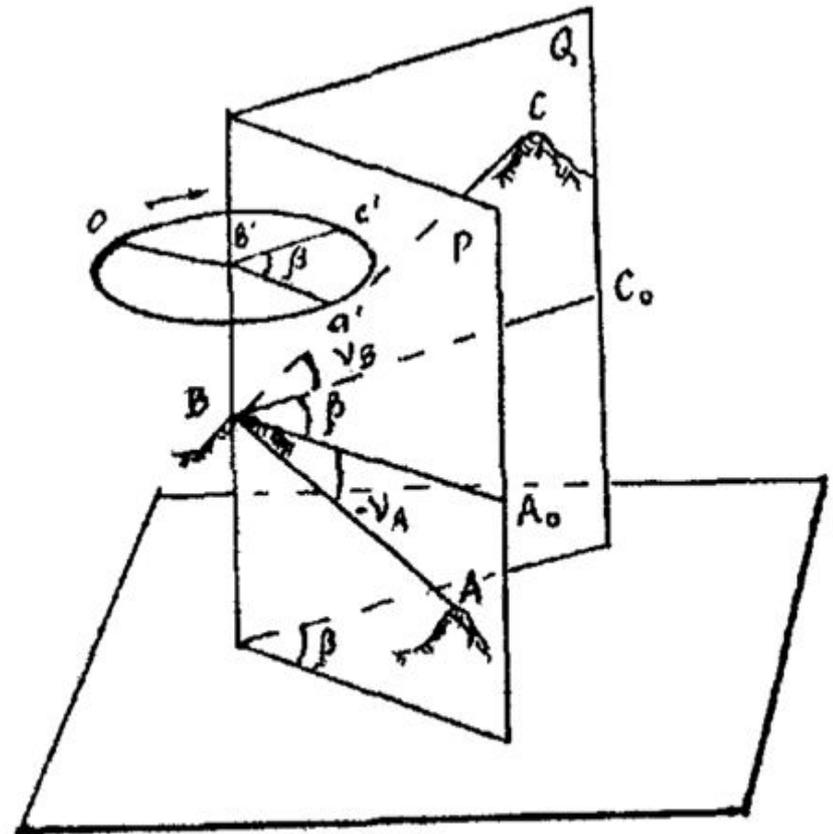


Рис. Схема измерения углов

**Вертикальный угол** лежит в вертикальной плоскости.

Различают два вида вертикальных углов:

- 1) угол наклона - угол между горизонтальной плоскостью и направлением линии визирования;
- 2) зенитное расстояние - угол между отвесной линией и линией визирования.

Углы наклона изменяются от  $0$  до  $90^\circ$ , бывают положительными (на рис. угол  $\nu_B$ ), если наблюдаемый объект расположен выше горизонтальной плоскости, проходящей через вершину угла, и отрицательный, если ниже (на рис. угол  $\nu_A$ ).

Для измерения горизонтальных углов используют лимб-круг (в приборе), на котором нанесены деления.

Вертикальные углы измеряют при помощи вертикального круга, центр которого совмещают с горизонтальной осью  $NN_1$  вращения вертикального круга (рис.).

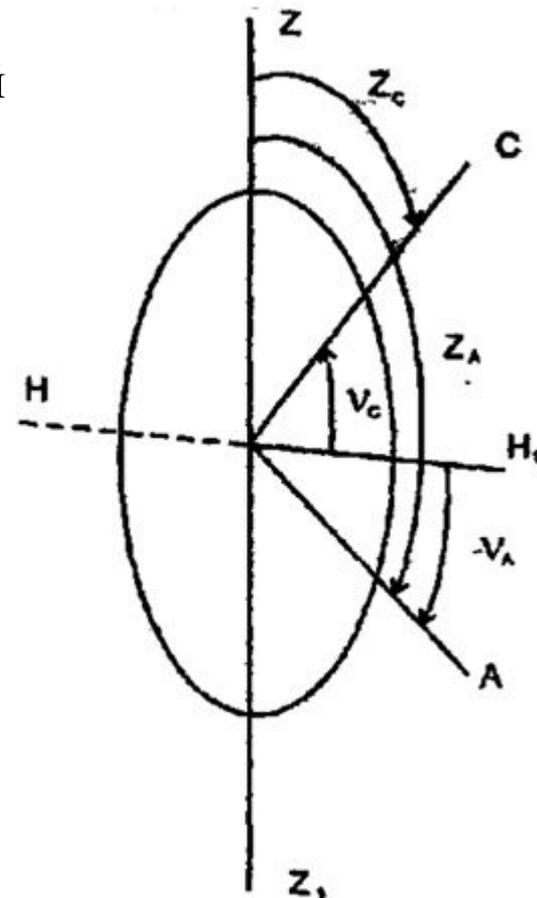
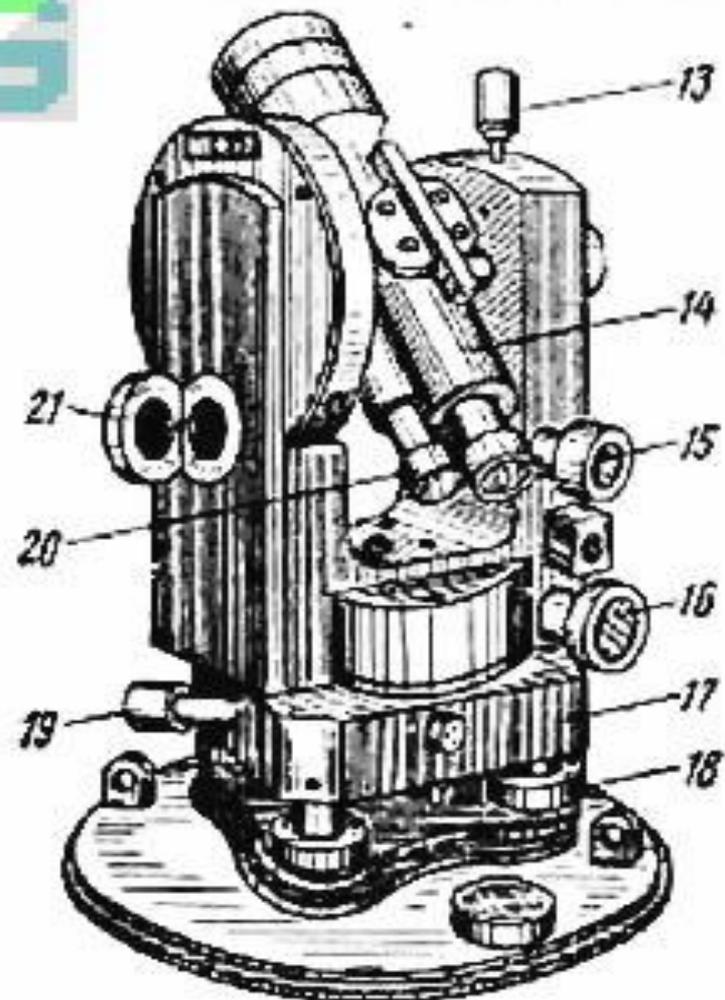
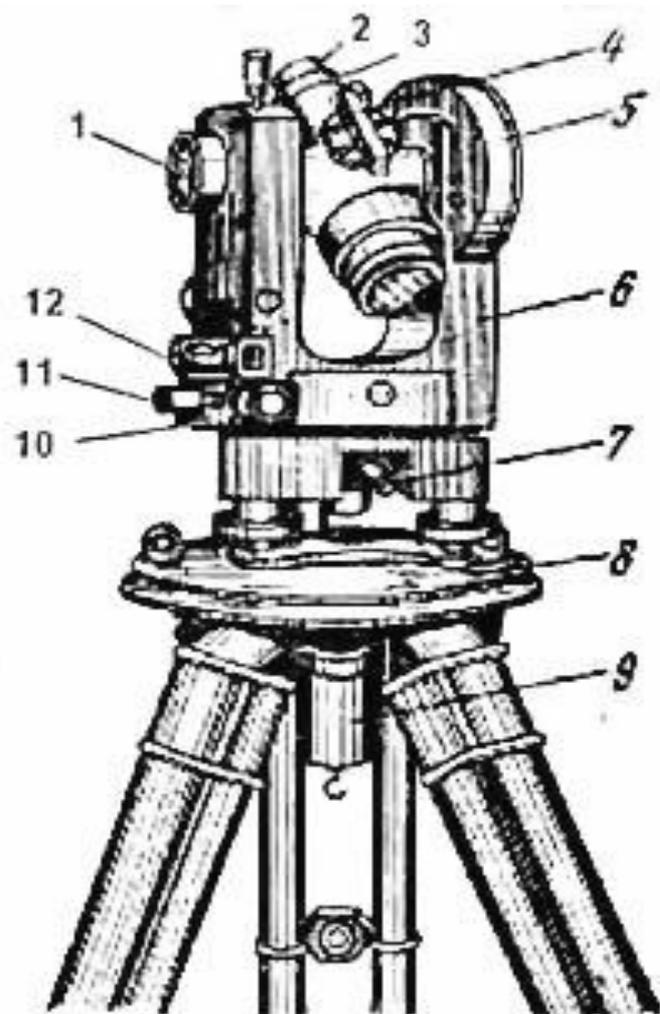
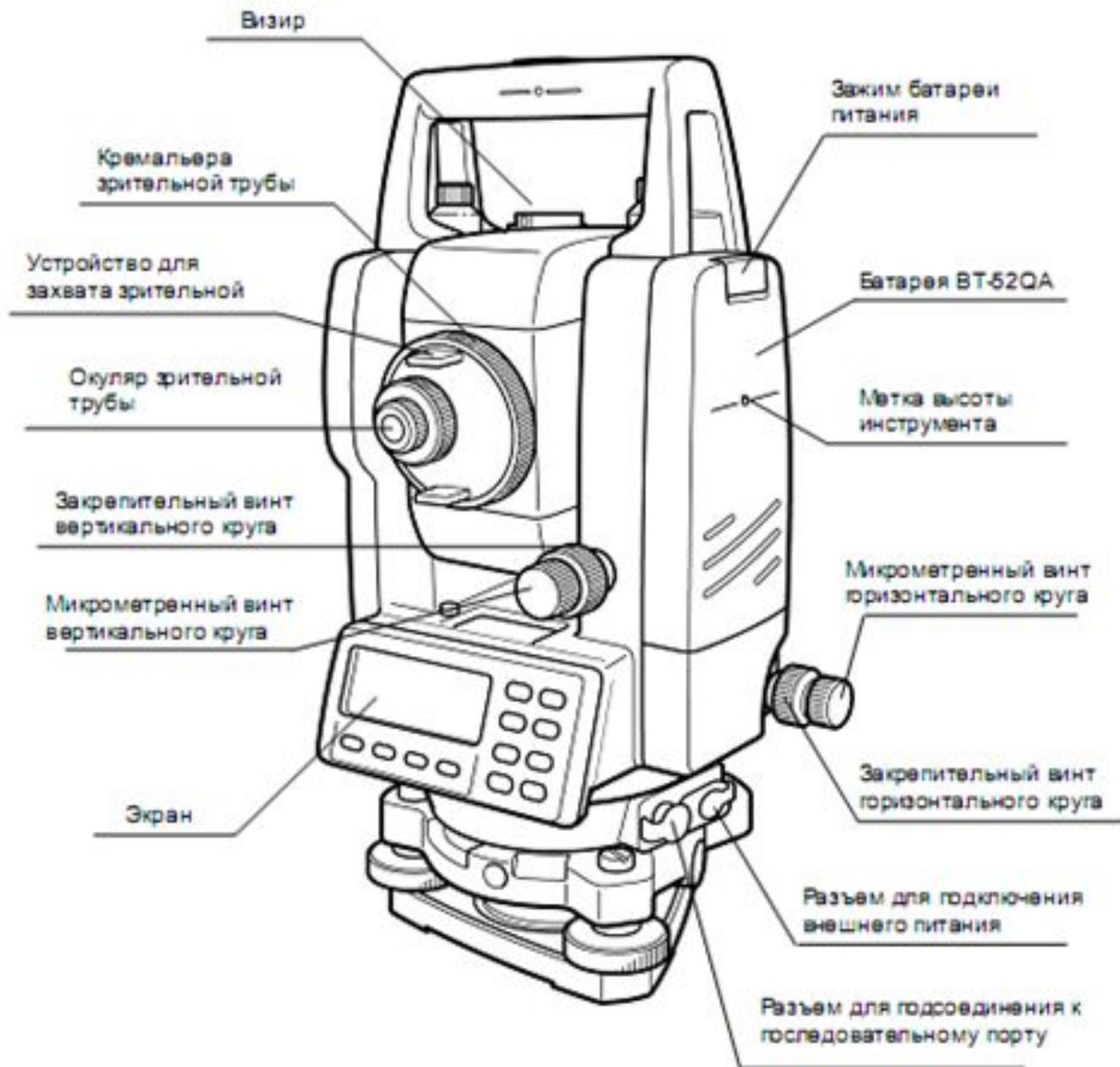


Рис. Вертикальные углы



1 — кремальера; 2 — диоптрийное кольцо; 3 — колпачок, под которым расположены исправительные винты сетки нитей; 4 — оптический визир; 5 — вертикальный круг; 6 — колонка; 7 — закрепительный винт лимба; 8 — основание футляра; 9 — становой винт; 10 — исправительные винты уровня; 11 — закрепительный винт алидады; 12 — уровень; 13 — закрепительный винт зрительной трубы; 14 — зрительная труба; 15 — наводящий винт зрительной трубы; 16 — наводящий винт алидады; 17 — подставка; 18 — подъемные винты; 19 — наводящий винт лимба; 20 — окуляр микроскопа; 21 — зеркало



Оптический теодолит



Электронный теодолит Topcon DT-205

В комплект теодолита входят штатив, буссоль и другие принадлежности. На штатив (тренога с металлической платформой) устанавливают теодолит, который крепят к платформе треноги с помощью станового винта. Центрирование, т.е. установку центра лимба на одной отвесной линии с вершиной измеряемого угла, выполняют с помощью отвеса металлического (нить с закрепленным на одном ее конце грузом, второй конец нити закрепляют на вертикальной оси теодолита) или оптического, оптическая ось которого совпадает с вертикальной осью теодолита.

Согласно ГОСТу теодолиты Российского производства обозначают буквой "Т" и числом, соответствующим средней квадратической ошибке измерения угла одним приемом в лабораторных условиях: Т05, Т1, Т2(Т2А), Т5(Т5Л), Т15К, Т30, Т60, 2Т2, 2Т5, 2Т5К и др.

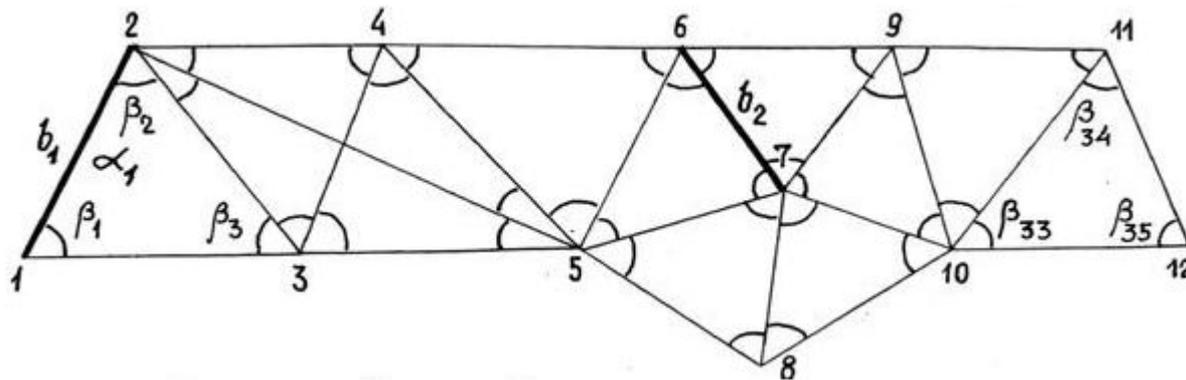


# Плановые геодезические сети. Назначение и методы создания плановых геодезических сетей

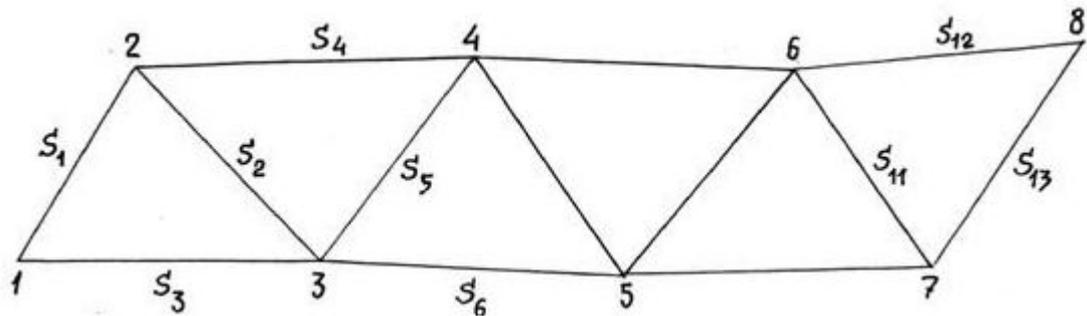
Плановые геодезические сети подразделяются на три категории: *государственные геодезические сети (ГГС), сети сгущения (СС) и сети съёмочного обоснования (ССО).*

Государственные геодезические сети и сети сгущения могут создаваться методами *триангуляции, полигонометрии* или *трилатерации*. В населённых пунктах преимущество отдаётся методу полигонометрии, как наиболее удобному в условиях сплошной застройки. Сети съёмочного обоснования создаются проложением теодолитных ходов или с применением различных геодезических засечек.

1. **Триангуляция** - это метод построения плановой геодезической сети в виде примыкающих друг к другу треугольников, в которых измеряют все углы и длину хотя бы одной стороны, называемой базисом или базисной стороной I-II (рис.). Триангуляция является наиболее распространенным методом построения плановых геодезических сетей. Системы треугольников строят в виде рядов или сетей. Решая последовательно треугольники от начальной непосредственно измеряемой стороны I-II, находят все стороны системы треугольников. В основе метода триангуляции лежит решение треугольников по стороне и двум углам с использованием теоремы синусов.

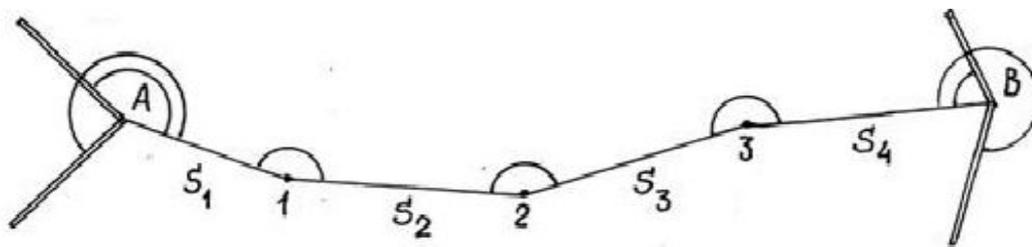


**2. Трилатерация** - это метод построения плановой геодезической сети в виде примыкающих друг к другу треугольников, в которых измеряют длины всех сторон. Из решения треугольников находят их углы, а затем вычисляют координаты всех вершин треугольников. Недостатком метода трилатерации является отсутствие надежного полевого контроля измерений.



3. **Полигонометрия** - это метод построения геодезической сети в виде системы замкнутых или разомкнутых ломаных линий, в которых непосредственно измеряют все элементы: углы поворота  $\beta$  и длины сторон  $s$  (рис.).

Углы в полигонометрии измеряют точными теодолитами, а стороны - мерными проволоками или светодальномерами.



Порядок построения планов сетей: по принципу от общего к частному, от крупного к мелкому, от более точного к менее точному.

# Высотные геодезические сети. Нивелирование

Высотные сети Российской Федерации представляют собой совокупность равномерно размещённых на территории страны специальных точек (реперов) и разделяются на *государственную нивелирную сеть России (ГНС)* и *сети технического нивелирования*.

ГНС в свою очередь разделяется по точности на 4 класса.

Государственная нивелирная сеть I класса создана проложением отдельных ходов нивелирования I класса, образующих полигоны I класса. Внутри этих полигонов проложены линии нивелирования II класса, образующие в свою очередь полигоны II класса (см. рис.). Государственные нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой Российской Федерации.

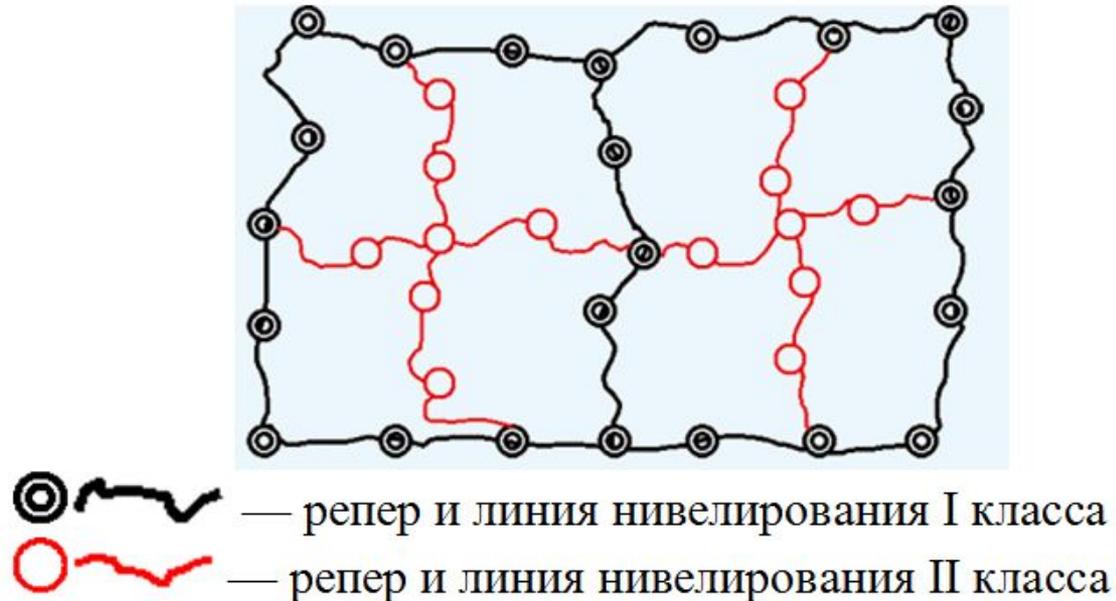
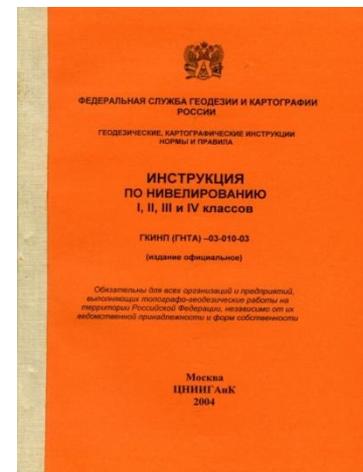
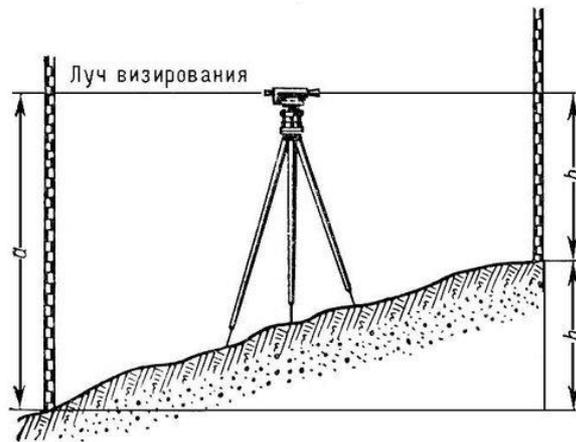


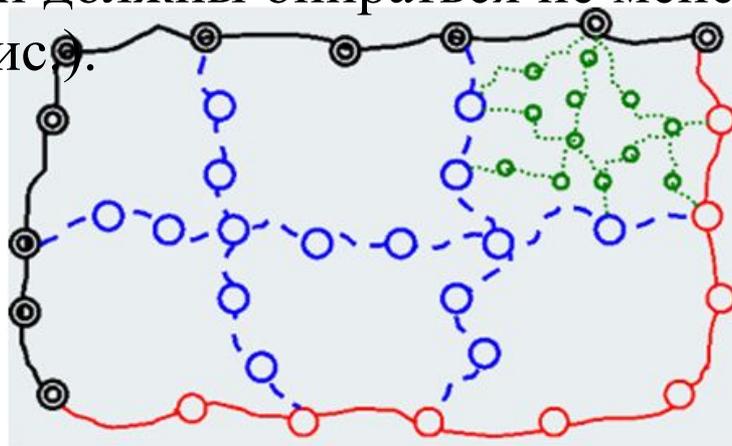
Рис. Нивелирные сети I и II классов

Периметры нивелирных полигонов I класса достигают размеров от 1200 до 2000 км, а нивелирных полигонов II класса — от 400 до 1000 км. Нивелирные линии I и II классов прокладываются по возможности в меридианальном направлении, вдоль железных и шоссейных дорог. В труднодоступных и малообжитых районах эти линии прокладываются по берегам рек, тропам и другим направлениям с наименее сложным рельефом.



Нивелирование I класса выполняется с наивысшей точностью, достигаемой применением современных приборов и методик измерений. Невязки в полигонах I класса не должны превышать величины  $3\text{мм}/\sqrt{L\text{км}}$  (для полигона периметром 2000 км это составит 134 мм), а в полигонах II класса —  $5\text{мм}/\sqrt{L\text{км}}$  (для полигона периметром 1000 км это составит 158 мм).

Нивелирные сети III и IV классов прокладываются внутри полигонов высших классов как отдельными линиями, так и в виде системы линий. При этом системы и линии должны опираться не менее чем на два репера высшего класса (см. рис.).



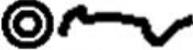
-  — репер и линия нивелирования I класса
-  — репер и линия нивелирования II класса
-  — репер и линия нивелирования III класса
-  — репер и линия нивелирования IV класса

Рис. Сети нивелирования III и IV классов

Периметры полигонов III класса могут составлять от 60 км до 300 км. Периметры полигонов III класса могут изменяться от 25 км до 40 км. Допустимые невязки в ходах и полигонах III класса не должны превышать 10мм/Лкм (для хода в 10 км это составит 32 мм).

Периметры полигонов IV класса могут составлять от 20 км до 80 км. Периметры полигонов IV класса могут изменяться от 8 км до 12 км. Допустимые невязки в ходах и полигонах IV класса не должны превышать 20мм/Лкм (для хода в 5 км это составит 45 мм).

Все линии государственной нивелирной сети не реже чем через 5 км по трассе закрепляются на местности специальными знаками — *реперами*. В труднодоступных районах расстояние между реперами может быть увеличено до 7 км.

Конструктивно, реперы нивелирования классифицируются по 6 категориям: вековые, фундаментальные, грунтовые, скальные, стенные и временные.

Вековые реперы обеспечивают сохранность главной высотной основы страны продолжительное время и используются исключительно для решения научных задач (изучение современных движений земной коры, колебаний уровней морей и океанов и т. п.). Они закладываются в местах пересечения линий нивелирования I класса и на уровне постах, ведущих наблюдения за изменчивостью уровня моря (см. рис.).

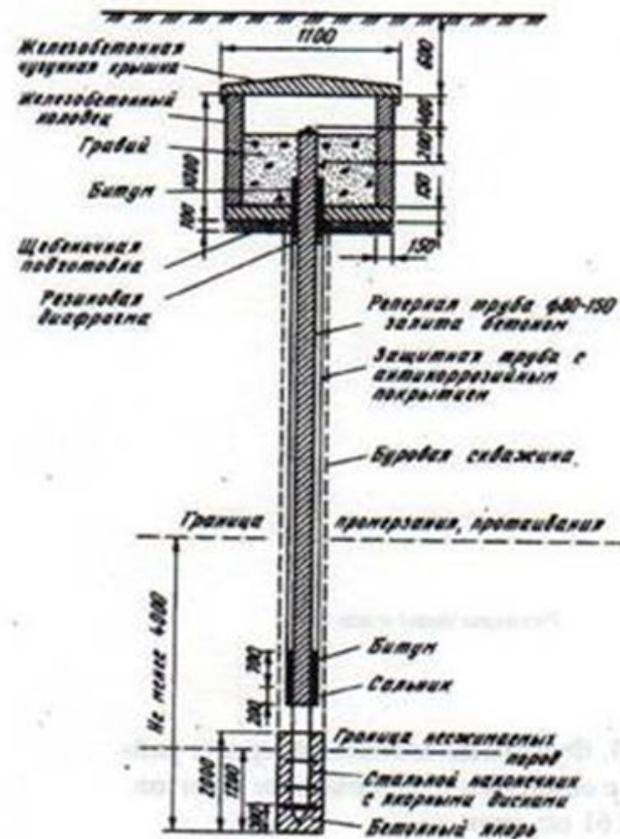


Рис. Вековой трубчатый репер (тип 175к)

Фундаментальные реперы обеспечивают сохранность высотной основы страны значительное время и используются также как и вековые реперы для решения научно-практических задач. Фундаментальные реперы закладываются на линиях нивелирования I и II классов не реже чем через 60 км, а в сейсмоактивных районах — не реже чем через 40 км.

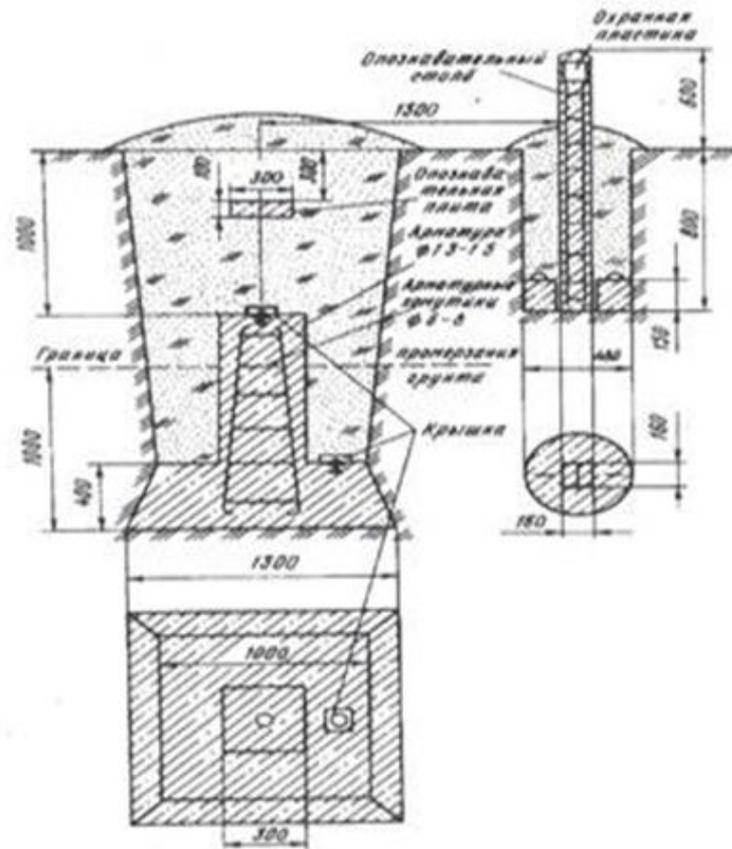


Рис. Фундаментальный репер для зоны сезонного промерзания грунта (тип 161)

Грунтовые, скальные и стенные реперы обеспечивают сохранность высотной основы на длительные сроки и используются для закрепления нивелирных линий II, III и IV классов (см. рис.).

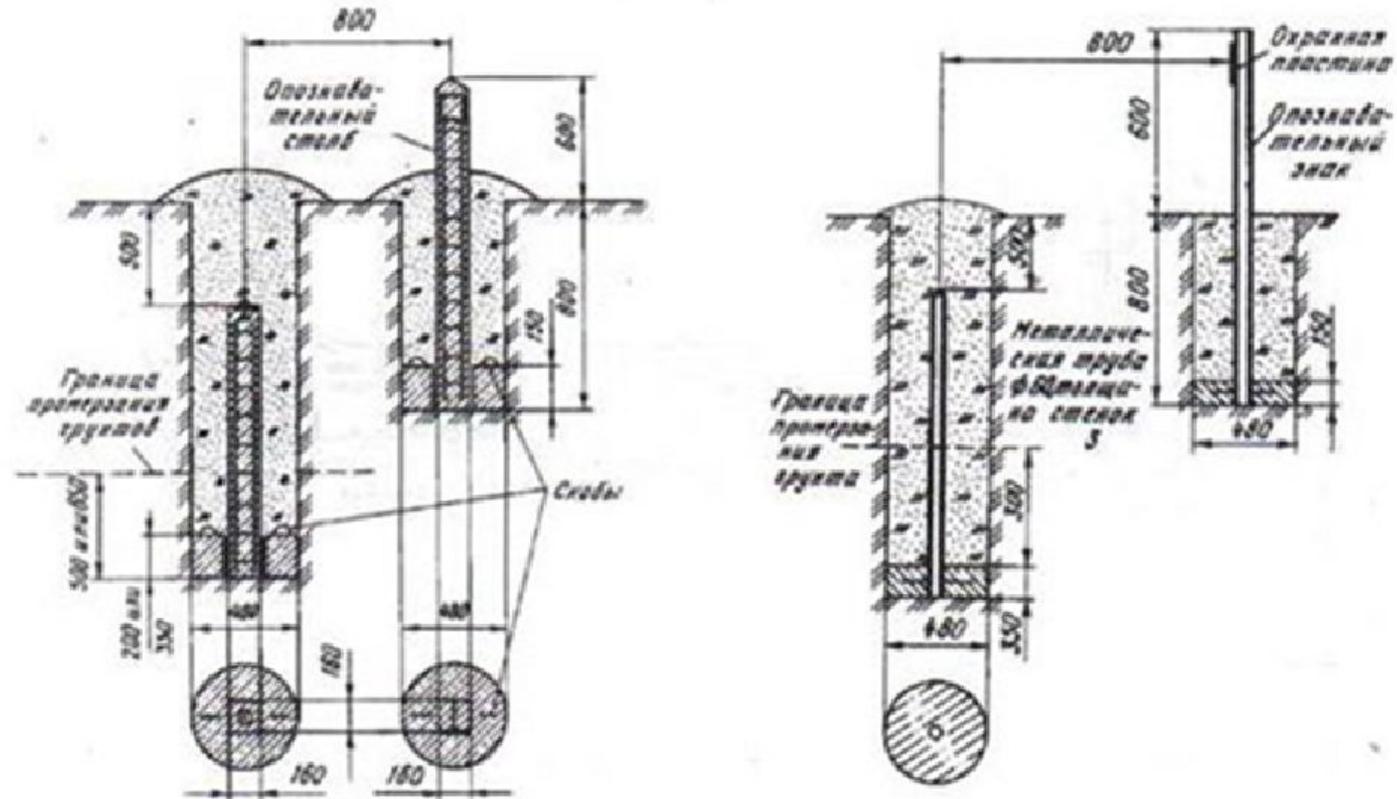
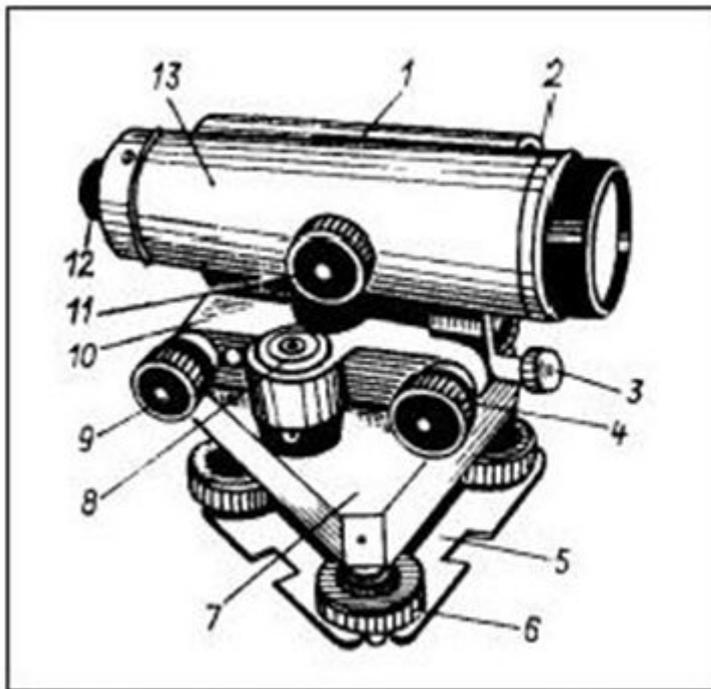


Рис. Грунтовые реперы для зоны сезонного промерзания грунта:  
 а) железобетонный (тип 160), б) трубчатый (тип 162)

Нивелирные сети выполняются при помощи нивелиров.

**Нивелир** (от фр. *niveau* - уровень, нивелир) геодезический инструмент для нивелирования, т.е. определения разности высот (превышения) между несколькими точками земной поверхности относительно условного уровня.



Нивелир Н-3

- 1- цилиндрический уровень,
- 2 — мушка,
- 3,8 — уровни,
- 4 — наводящий винт,
- 5 — упругая пластинка,
- 6 — подъёмные винты,
- 7 — подставка,
- 9 — элевационный винт,
- 10 — опорная площадка,
- 11 — винт кремальеры,
- 12 — окуляр,
- 13 — зрительная труба

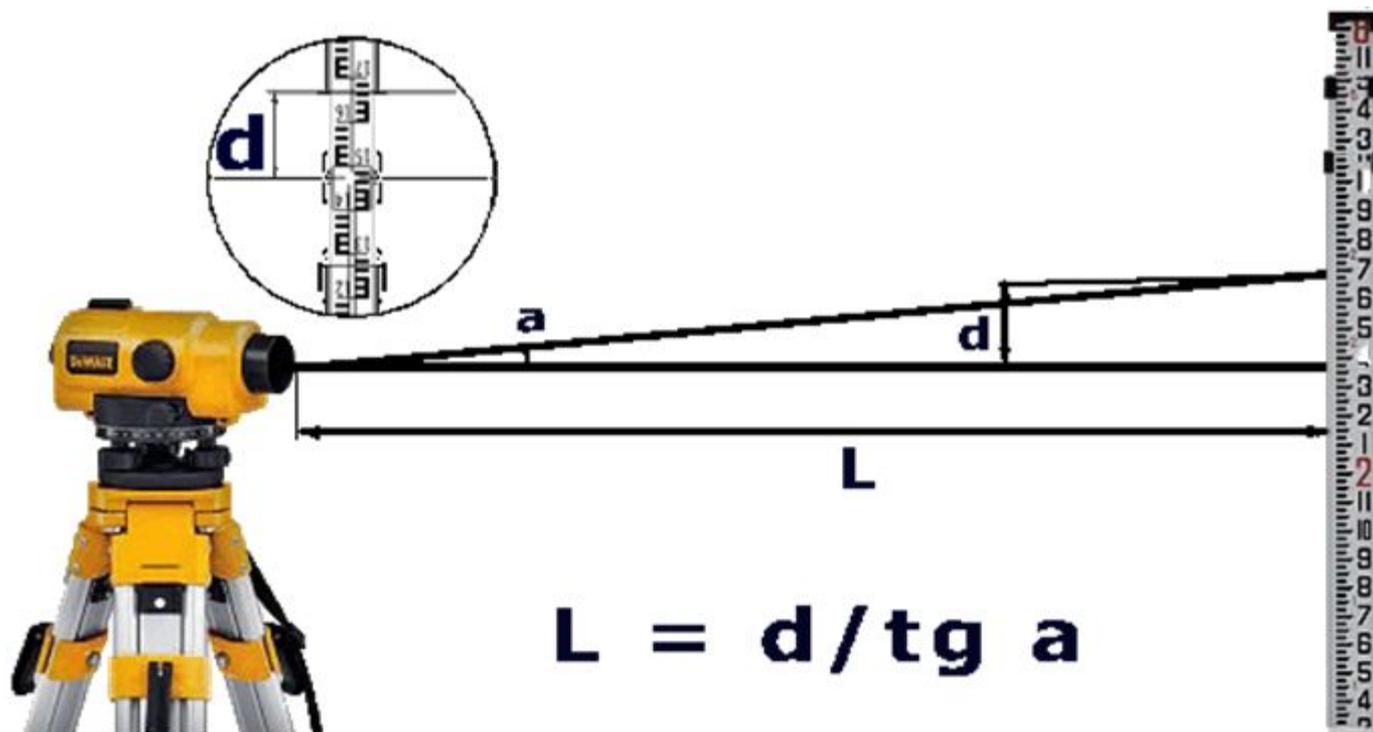


Рис. Современный оптический нивелир VEGA L30

Наиболее часто применяется геометрическое нивелирование. Во время геометрического нивелирования превышение между точками получают как разность отсчётов по рейкам при горизонтальном положении визирной оси нивелира. Этот метод является наиболее простым и точным, но позволяет с одной постановки прибора получить превышение не более длины рейки, поэтому при больших превышениях в горной местности его эффективность падает.



Рис. Геометрическое нивелирование методом «со середины»

# Тахеометрическая съемка

**Тахеометрическая съемка** – топографическая съемка, выполняемая с помощью теодолита или тахеометра и дальномерной рейки (вехи с призмой), в результате которой получают план местности с изображением ситуации и рельефа.

**Тахеометр** (от греч. ταχύς, род. пад. ταχέος — «быстрый») — геодезический инструмент для измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов.

По сути тахеометр представляет собой комплекс состоящий из теодолита, светодальномера и ЭВМ.

Слово «тахеометрия» в переводе с греческого означает «быстрое измерение». Быстрота измерений при тахеометрической съемке достигается тем, что положение снимаемой точки местности в плане и по высоте определяется одним наведением трубы прибора на рейку, установленную в этой точке. Тахеометрическая съемка выполняется обычно с помощью технических теодолитов или тахеометров.



# Геодезические работы в гидротехническом строительстве

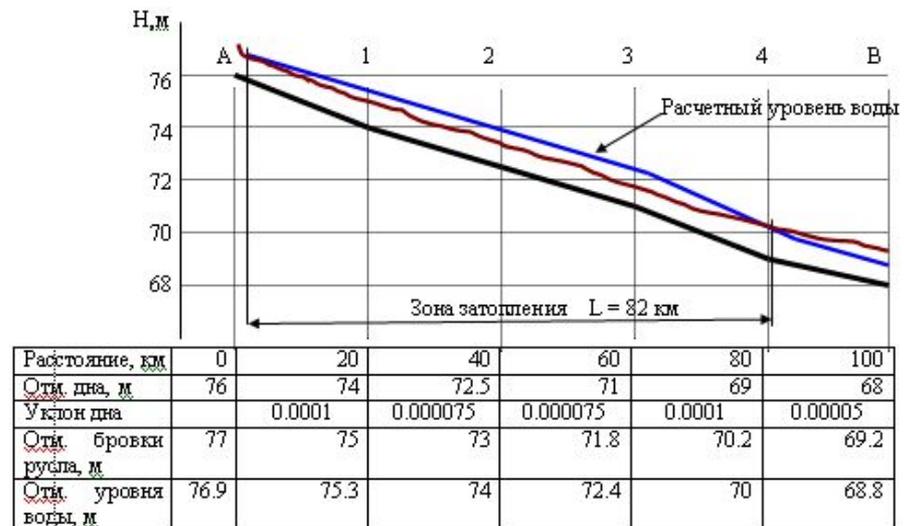
Геодезические работы в гидротехническом строительстве применяются, прежде всего, на стадии изысканий при подготовке инженерно-геодезического обоснования для строительства.

Инженерно-геодезические изыскания дают информацию о ситуации и рельефе местности и являются основой для проектирования и проведения других видов изысканий. Они состоят из работ по созданию геодезического обоснования и топографической съемке участка строительства, трассированию линейных сооружений, привязке геологических выработок, гидрологических створов и т.п.

Для выполнения комплекса работ при строительстве гидротехнических сооружений разбивают плановое и высотное геодезическое обоснование.

При проектировании водохранилищ съёмочное обоснование строят по его периметру для выполнения разбивки по границе зоны затопления. Содержание геодезических работ определяется в основном видом гидротехнического сооружения.

Основными документами при проектировании данных сооружений являются топографические планы и гидрографические продольные профили рек и др.



Проектирование гидротехнических сооружений выполняется, как правило, в две стадии: проект и рабочая документация.

Наибольший объем топографо-геодезических работ приходится на первую стадию проектирования. Выбор оптимального створа и разделение сооружений выполняются на планах 1 : 2000 - 1 : 5000 с сечением рельефа 0,5-1,0 м. На участке будущего каскада составляют подробный продольный профиль в масштабах 1 : 25 000 - 1 : 100 000. Водохранилище проектируется на картах масштаба 1 : 25 000 - 1 : 100 000, а в районах с развитой экономикой - на планах в масштабе 1 : 1 000 - 1:5000.

Для составления рабочей документации здания ГЭС, головных узлов в деривационных установках, расположения насосных и водозаборных станций, камер и голов судоходных шлюзов необходим топографические планы масштабов 1 : 500-1 : 1000 с высотой сечения рельефа 0,5-1,0 м.

# Общие положения инженерно-гидрометеорологического обеспечения

Инженерно-гидрометеорологическое обеспечение гидротехнического строительства включает проведение *инженерно-гидрометеорологических изысканий* со всеми их периодами выполнения: *подготовкой, проведением, камеральной обработкой* результатов исследований и *составлением отчета* по результатам работ.

Проведение данного вида изысканий опирается на СП II-103-97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства».

**Инженерно-гидрометеорологические изыскания** для гидростроительства должны **обеспечивать комплексное изучение гидрометеорологических условий территории (района, площадки, участка, трассы) будущего строительства и прогноз возможных изменений этих условий в результате взаимодействия с проектируемым объектом для получения необходимых и достаточных материалов для принятия обоснованных проектных решений.**

## Основные задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий:

- разработка генерального плана территории объекта (плотины, водозаборного сооружения, канала);
- выбор места размещения площадки строительства (трассы) и ее инженерную защиту от неблагоприятных гидрометеорологических воздействий;
- выбор конструкций гидросооружений, определение их основных параметров и организацию строительства;
- определение условий эксплуатации гидросооружений;
- оценка негативного воздействия объектов гидростроительства на окружающие водную и воздушную среды (дополнительно к экологическим изысканиям).

При производстве инженерно-гидрометеорологических изысканий *изучению подлежат*:

- гидрологический режим рек (в том числе временных водотоков), озер, водохранилищ, болот, устьевых участков рек, прибрежной и шельфовой зон морей;
- климатические условия и отдельные метеорологические характеристики;
- опасные гидрометеорологические процессы и явления;
- техногенные изменения гидрологических и климатических условий или их отдельных характеристик.



Инженерно-гидрометеорологические изыскания для гидростроительства должны выполняться *изыскательскими и проектно-изыскательскими организациями* независимо от форм собственности, а также другими юридическими и физическими лицами, имеющими *лицензию* на право выполнения данного вида изысканий, полученную в установленном порядке, и лицензию на право выполнения гидрометеорологических работ, полученную в органах Росгидромета.

Производство инженерно-гидрометеорологических изысканий *подлежит регистрации* в установленном порядке *в органах Росгидромета.*



Для проведения инженерно-гидрометеорологических изысканий составляется документ, называемый **Программой изысканий**.

Программа инженерно-гидрометеорологических изысканий является внутренним документом исполнителя и в дополнение к требованиям **СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»** должна содержать информацию:

- о гидрографической сети района изысканий;
- об основных чертах режима водных объектов;
- об использовании водных ресурсов и хозяйственной деятельности в бассейнах рек;
- о наличии материалов наблюдений по постам (станциям) Росгидромета, постам (станциям) других министерств и ведомств, а также материалов гидрометеорологических изысканий прошлых лет и возможности их использования при решении поставленных задач;
- о местах размещения постов и створов наблюдений;
- категориях сложности отдельных видов полевых работ;
- намечаемых методах определения требуемых расчетных характеристик.

# Состав инженерно- гидрометеорологических изысканий для гидротехнического строительства

В состав инженерно-гидрометеорологических изысканий входят:

- сбор, анализ и обобщение материалов гидрометеорологической и картографической изученности территории;
- рекогносцировочное обследование района изысканий;
- наблюдения за характеристиками гидрологического режима водных объектов и климата, а также эпизодические работы по их изучению;
- изучение опасных гидрометеорологических процессов и явлений;
- камеральная обработка материалов с определением расчетных гидрологических и (или) метеорологических характеристик;
- составление технического отчета (заключения).

Для сбора гидрометеорологической информации используются:

- периодические издания Государственного водного кадастра,
- Научно-прикладной справочник по климату,
- Справочник Государственного фонда.

Собранная на начальном этапе информация позволяет оценить полноту имеющихся материалов, разработать *программу* инженерно-гидрометеорологических изысканий и выбрать *репрезентативные метеорологические станции* (посты).

Состав работ инженерно-гидрометеорологических изысканий включает два вида инженерных изысканий (рис.).

# Инженерно-гидрометеорологическое обеспечение

## инженерно-гидрологические изыскания

### Наблюдения:

- уровней воды;
- уклонов водной поверхности;
- расходов воды и определение зависимостей между расходами и уровнями;
- расходов взвешенных и донных наносов;
- измерение скоростей и направлений течений воды;
- определение коэффициентов шероховатости русла и поймы;
- изучение температурного режима источника;
- изучение ледового режима и явлений;
- изучение русловых процессов;
- изучение волнового режима и др.

## инженерно-метеорологический изыскания

### Наблюдения за:

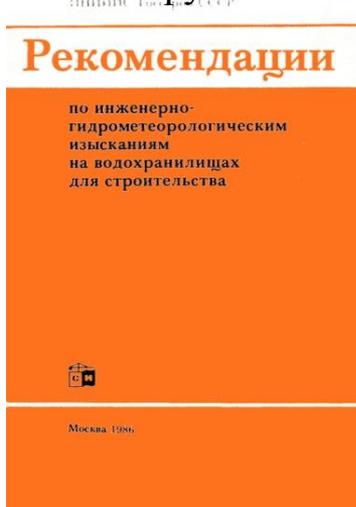
- атмосферным давлением;
- температурой воздуха;
- влажностью воздуха;
- скоростью и направлением ветра;
- температурой на поверхности почвы;
- состоянием поверхности почвы;
- атмосферными осадками;
- облачностью;
- метеорологической видимостью;
- атмосферными явлениями;
- снежным покровом и др.

**Технический отчет** по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий, в общем случае, должен содержать следующие разделы и информацию:

**Введение** - основание для производства работ, задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий, принятые изменения к программе изыскательских работ и их обоснование, сведения о проектируемых объектах, состав исполнителей.

**Гидрометеорологическая изученность** - краткие сведения о ранее выполненных инженерных изысканиях и исследованиях, наличии пунктов стационарных наблюдений Росгидромета; характеристика изученности территории с учетом имеющихся материалов.

**Природные условия района** - сведения о местоположении исследуемого района работ, рельефе, геоморфологии и гидрографии; характеристика гидрометеорологических и техногенных условий района строительства, в том числе: характеристика климатических условий (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, осадки, испарение и атмосферные явления, глубина промерзания грунта и высота снежного покрова); характеристика гидрологического режима водных объектов (режимов уровня и стока, ледового и термического режимов, режимов наносов и руслового процесса, гидрохимического режима, режимов волнений и течений для озер, водохранилищ и прибрежных зон морей); характеристика опасных гидрометеорологических процессов и явлений (наводнений, цунами, селевых потоков, снежных лавин и заносов, ураганных ветров и смерчей, гололеда, активных проявлений русловых процессов, заторов и зажоров).



***Состав, объем и методы производства изыскательских работ*** - сведения о составе и объемах выполненных инженерных изысканий, описание методов полевых и камеральных работ, в том числе методов определения расчетных характеристик и способов их получения с указанием использованных нормативных документов.

***Результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий*** - материалы выполненных изыскательских работ, их анализ и оценка; принятые для расчетов исходные данные; определение достоверности выполненных расчетов; оценка гидрометеорологических условий района строительства с приведением расчетных характеристик, требуемых для обоснования проектов сооружений; прогноз развития опасных природных процессов и явлений (при их наличии) с оценкой степени их опасности и риска для проектируемого строительства; характеристика возможного воздействия объектов строительства на окружающую природную среду, включающая, при необходимости, прогноз: фонового загрязнения атмосферного воздуха с учетом метеорологических характеристик, определяющих условия рассеивания вредных веществ; последствий забора воды и выпусков сточных вод на водную экосистему; теплового и химического загрязнения водоемов; изменения русловых процессов; термического и ледового режимов.

***Заключение*** - основные выводы и рекомендации для принятия проектных решений, рекомендации по охране окружающей природной среды, а также обоснование необходимости проведения дальнейших изысканий (исследований).

В приложения к отчету входят текстовые (табличные) и графические документы.

В состав *гидрологических наблюдений* на организуемых постах, как правило, включают:

- измерения температуры, уровней и расходов воды;
- изучение ледового режима на участке перехода;
- отбор проб донных отложений; детальное измерение скоростей течения для характеристики их распределения в створе и в плане участка перехода;
- изучение деформации берегов и дна русла.



В состав *метеорологических наблюдений* необходимо включать наблюдения за:

- температурой и влажностью воздуха;
- направлением и скоростью ветра;
- осадками;
- горизонтальной видимостью;
- атмосферным давлением;
- атмосферными явлениями и обледенением и др.

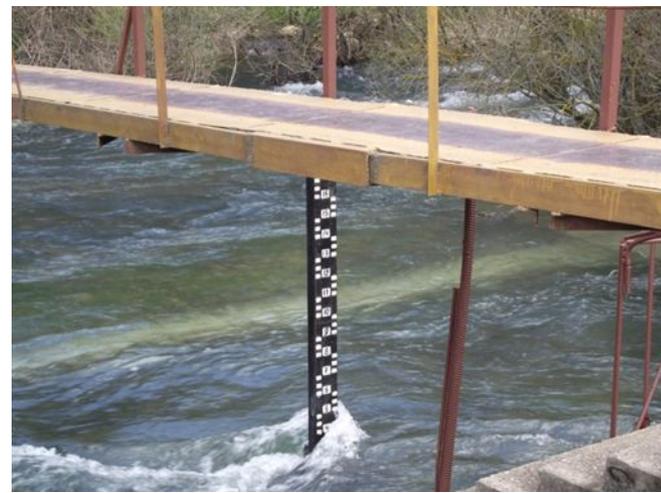


# Понятие гидрометрических измерений

Гидрометрические наблюдения на реках чаще всего объединяют с метеорологическими и проводят на основных и специальных гидрометеорологических станциях и постах, образующих постоянно действующую гидрометеорологическую сеть. На основных гидрометеорологических станциях и постах наблюдения ведутся длительное время с целью гидрометеорологического обслуживания страны и ее геофизического изучения. Специальные посты и станции, которых значительно меньше, предназначены для изучения гидрологических процессов под влиянием местных условий в определенный период времени (например для изучения гидрометеорологического режима водохранилища, озера, устья реки). Кроме государственной гидрометеорологической сети станций и постов функционируют и ведомственные (например, для обеспечения работы водного транспорта, гидроэнергетики, рыбного и сельского хозяйства).

**Реечный пост** получил широкое распространение на водных объектах с небольшими колебаниями годовой амплитуды уровня (до 3 м). Реечный пост представляет одну или несколько вертикальных или наклонных реек с делениями через 2 см, которые прикрепляют к устоям мостов или плотин и к набережным. В случае отсутствия этих сооружений – к специальной свае. Для обеспечения сохранности и надежности устройств в течение длительного периода наблюдений они должны быть защищены от повреждений ледоходом, плавающими бревнами и другими предметами.

Высоту уровня воды измеряют от нуля рейки. Горизонтальную плоскость, совпадающую с нулевым делением рейки, называют **нулем наблюдений** (абсолютным или условным), его устанавливают нивелированием. Расстояние от нуля графика поста до нуля рейки называется приводкой к нулю графика поста.



**Свайный водомерный пост** (рис. 2.) представляет собой группу свай (металлических или железобетонных), забитых в берег или дно реки в одном створе, перпендикулярном среднему направлению течения реки. Такие посты наиболее удобны на реках с высокими и пологими берегами. Количество свай и их количество зависит от поперечного профиля берега и амплитуды колебаний уровня. Отметка головки верхней сваи должна быть на 0,5 м ниже наивысшего исторического уровня, а головка нижней сваи на 0,5 м ниже возможного низшего уровня. Разность отметок головок соседних свай, как правило, не должна превышать 0,8 м. Расстояние между сваями определяется условиями удобства подхода к ним при проведении наблюдений, а глубина забивки их устанавливается в зависимости от вида грунта и глубины его промерзания.



**Рис. 2.** Схема определения отметок уровня воды на свайном водомерном посту:

1, 2, 3 – сваи; 4 – рейка; 5 – плоскость нуля водомерного поста; 6 – репер

На реках с отвесными берегами, а также при наличии гидротехнических сооружений для наблюдения за колебаниями уровня используют **передаточные устройства неавтоматические** или с **автоматическими счетчиками**. Основной частью такого устройства является выносная стрела, которая устанавливается на крутом берегу на прочной опоре. На конце стрелы со стороны реки устанавливается блок, а на береговой части – горизонтальная рейка с делениями. Через блок пропускается трос, к которому со стороны реки прикрепляется тяжелый груз в виде конуса. В момент касания иглы груза уровня воды, на рейке отмечают значение уровня.

**Самописцы уровня воды (лимниграфы)** – приборы, непрерывно регистрирующие колебания уровня. В них изменение уровня определяется с помощью поплавка, который поднимается и опускается вместе с уровнем воды. Движение поплавка передается с помощью поплавкового колеса и шестерен барабану, вращающемуся на горизонтальной или вертикальной оси с помощью часового механизма (или от электрического привода). На барабане закрепляется разграфленная бумага, по которой перемещается перо и вычерчивает ход уровня.

На рис. 3 показан ленточный самописец с вертикальной осью и с электрическим приводом. Вместо поплавковой системы для измерения уровня использован зонд давления.

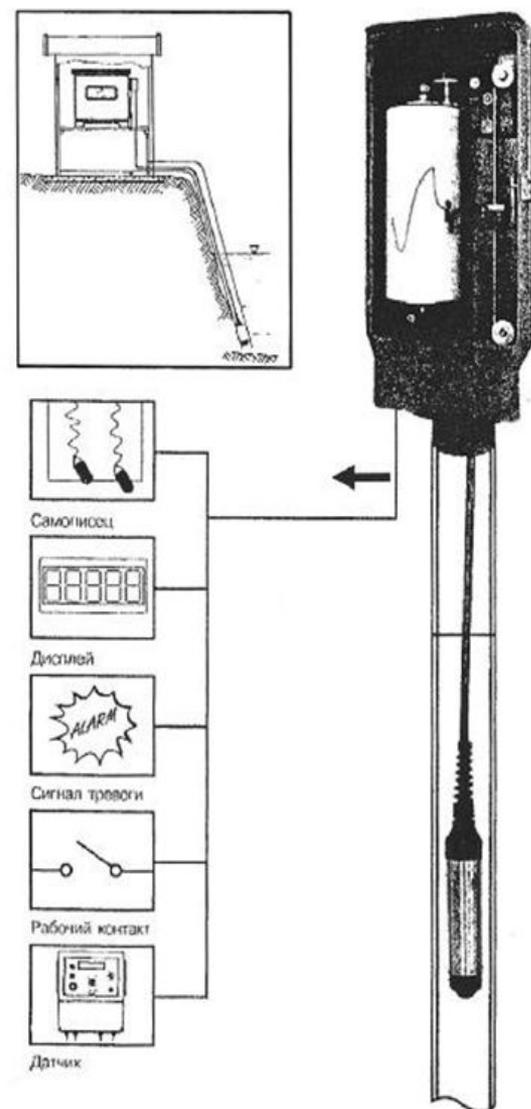
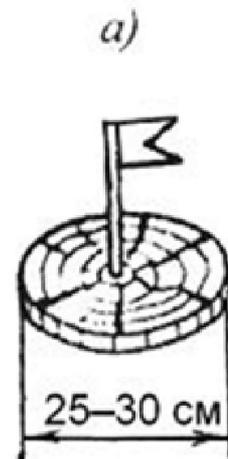


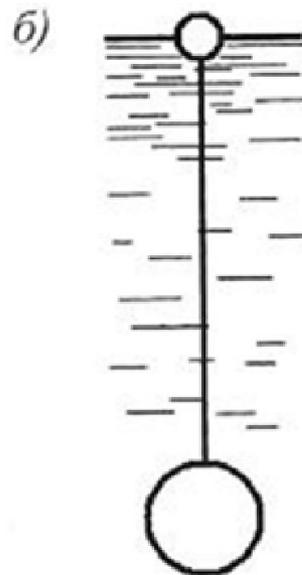
Рис. 3 Уровнемер с датчиком давления и самописцем

Для измерения скорости течения потоков воды в реках применяются гидрометрические поплавки и гидрометрические вертушки.

**Гидрометрические поплавки.** Любое тело, удельный вес которого меньше удельного веса воды, опущенное в поток, приобретает скорость, равную скорости потока. В гидрометрии преимущественно применяют поверхностные поплавки, а также глубинные и поплавки-интеграторы. **Поверхностные поплавки** применяют для измерения поверхностных скоростей и направлений течения. Их обычно изготавливают из дерева в виде цилиндров или крестовин, для лучшего наблюдения за их движением с берега поплавки снабжаются яркими флажками (рис. 5, а). Для уменьшения влияния ветра на скорость и направление движения поплавки должны, как можно меньше выступать над поверхностью воды. **Глубинные поплавки** (рис. 5, б) применяются для измерения скоростей и направления течения на некоторой глубине. Они состоят из двух, соединенных между собой тонкой нитью поплавков: верхний находится на поверхности воды, а нижний погружен на некоторую глубину. Верхний поплавок изготавливается из пробки или пенопласта и должен иметь необходимую плавучесть для поддержания нижнего поплавка. Нижний поплавок должен иметь удельный вес несколько больше, чем удельный вес воды. Если нижний поплавок по своим размерам намного больше верхнего, то скорость движения всей системы приблизительно равна скорости течения на глубине погружения нижнего поплавка.

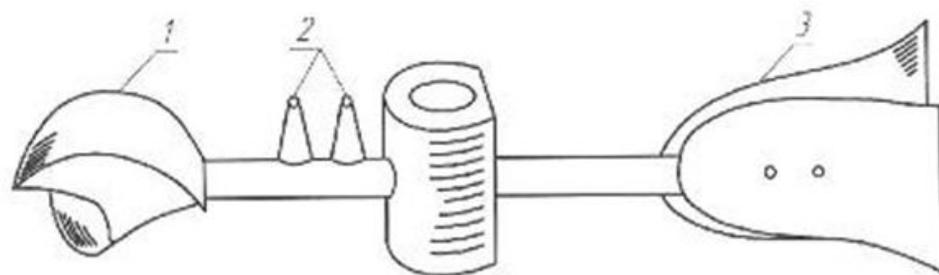


Поплавки: а) поверхностный;



б) глубинный

**Гидрометрическая вертушка** – основной и наиболее распространенный прибор для измерения скорости течения речных потоков. Чувствительным элементом вертушки (датчиком), воспринимающим действие движущегося потока воды, является лопастный винт (ротор), вращающийся на оси. Чем больше скорость течения –  $u$ , тем быстрее вращается ротор, тем больше он делает оборотов за единицу времени –  $n$ . На этом основан принцип работы гидрометрической вертушки, – скорость течения воды определяется в зависимости от числа оборотов ротора  $n$  в точке измерения скорости потока:  $u = u(n)$ .



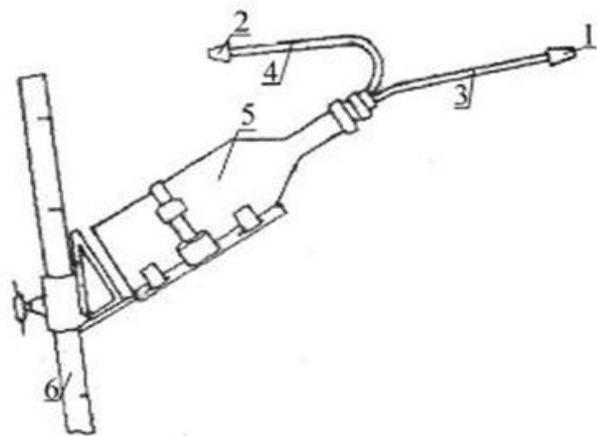
**Рис. 6** Схема гидрометрической вертушки:  
1 – рабочее колесо; 2 – клеммы; 3 – хвостовое оперенье

Для определения расхода взвешенных наносов необходимо знать мутность воды.

**Приборы для измерения мутности воды** с помощью которых берут пробы воды для определения ее мутности, называются **батометрами**. Различают батометры мгновенного и длительного наполнения.

Батометры мгновенного наполнения применяются для взятия проб с различных глубин. Батометр Молчанова состоит из двух одинаковых цилиндров объемом 2 л каждый, изготовленных из органического стекла. Пробы отбираются на заданной глубине после мгновенного закрытия крышек цилиндров с помощью пружинного механизма.

Батометры длительного наполнения позволяют определять осредненную за период измерения мутности, учитывая ее пульсацию. Применяют следующие типы батометров длительного наполнения: батометр-бутылка на штанге, батометр-бутылка в грузе и вакуумный батометр.



**Рис. 7 . Батометр-бутылка на штанге:**

1, 2 – насадки водозаборной и воздухоотводной трубок;  
3, 4 – водозаборная и воздухоотводная трубки; 5 – бутылка, 6 – штанга

# Гидрологические расчеты

Для количественной оценки речного стока используются его гидрологические характеристики, а именно:

- расход воды  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) – количество воды, проходящее через живое сечение потока за единицу времени;

- объем стока воды  $V$  ( $\text{м}^3$ ) – количество воды, протекающее через живое сечение за какой-либо промежуток времени:

$$V = Q T; \quad (3.1)$$

- модуль стока воды –  $q$  ( $\text{м}^3/(\text{с км}^2)$ ) – количество воды, стекающее с единицы площади водосбора в единицу времени:

$$q = Q/A, \quad (3.2)$$

где  $A$  – площадь водосбора,  $\text{км}^2$ ;

- *слой стока*  $h$ , мм, – высота слоя воды, стекающей с площади водосбора за какой-то промежуток времени при равномерном распределении стока по площади водосбора:

$$h = V/A. \quad (3.3)$$

Коэффициент стока  $\alpha$  – это отношение высоты слоя стока  $h$  к высоте слоя, выпавших на площадь водосбора осадков  $x$  за рассматриваемый период :

$$\alpha = h/x \quad (3.4)$$

Это отношение показывает часть осадков, пошедшую на образование стока.

Расход воды – одна из главных гидравлических характеристик речного потока.

Расход потока:

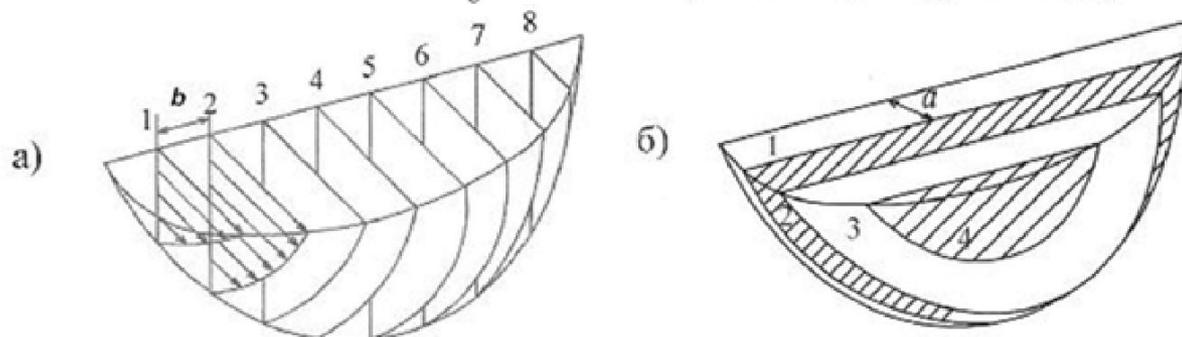
$$Q = \int_{\omega} u d\omega$$

можно представить как объем фигуры, имеющей в основании поперечное сечение потока площадью  $\omega$ , сверху – эпюру поверхностной скорости, а с боков эпюры продольной скорости на вертикалях. (рис. 8, а)

Для вычисления этого объема можно разбивать его на вертикальные слои, толщиной  $b$  ( $db$ ) – расстояние между скоростными вертикалями. Расход

$$Q = \int_0^B q db$$

$q$  – элементарный расход на скоростной вертикали, численно равный площади эпюры скорости  $db$  – толщина слоя, на которые разбита ширина русла поверху –  $B$ .



**Рис. 8 . Схемы к определению расхода:**

а) при помощи эпюр скоростей на вертикалях:

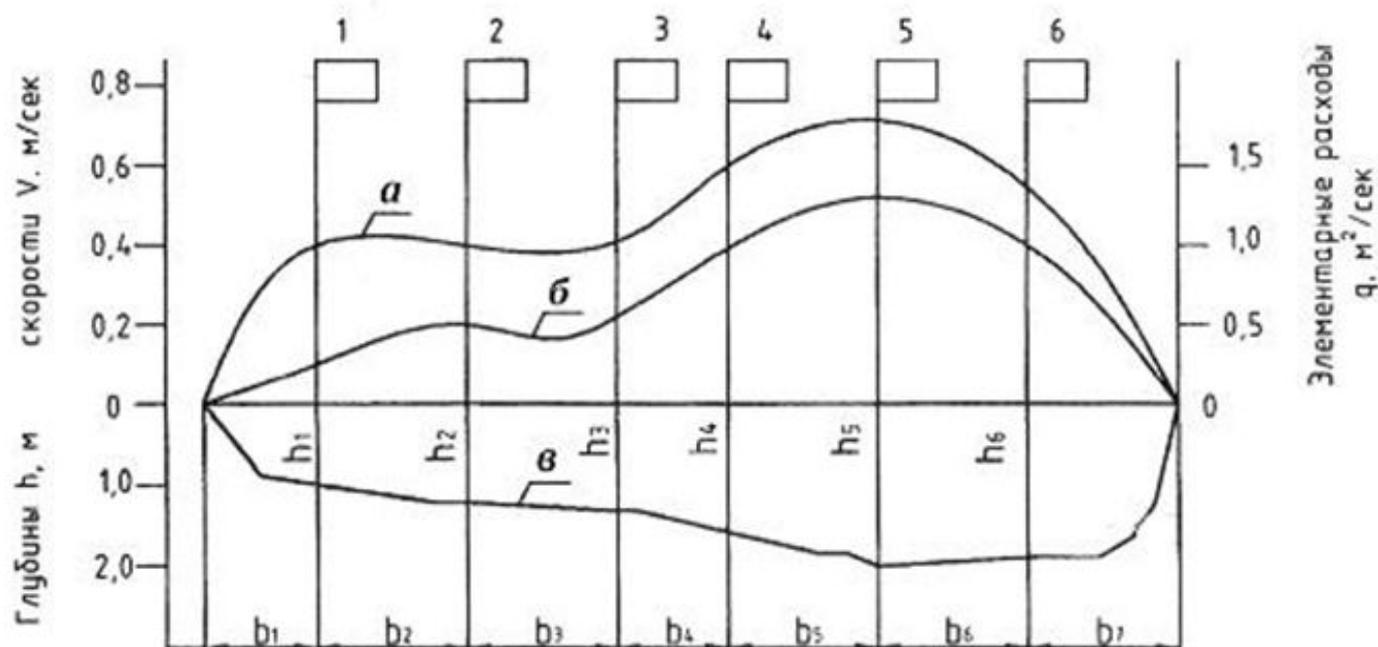
1–8 – измерительные вертикали;  $b$  – расстояние между вертикалями, на 1 и 2 вертикалях показаны эпюры скорости;

б) при помощи изотак:  $a$  – разность скоростей для изотак; 1–4 – пластинки, образованные изотактами и пересекающие на 4 части фигуру (расход)

Существует несколько способов определения расходов воды речного потока по измеренным скоростям и глубинам.

**Графический способ** расчет расхода  $Q$  по профилям скоростей производится следующим образом.

1) Строится профиль живого сечения по измеренным глубинам, на этом профиле флажками обозначают скоростные вертикали (рис. 9 ).



**Рис. 9 . Вычисление расхода воды графическим способом:**

*a* – эпюра распределения средних скоростей на вертикалях по ширине русла; *б* – эпюра распределения элементарных расходов воды; *в* – линия дна

2) Строятся эпюры скоростей на скоростных вертикалях (в масштабе глубин)  $u = u(y)$ .

3) Определяют среднюю скорость на каждой вертикали по площади эпюры (или  $q$  – элементарному расходу) и глубине на вертикали  $h$ :

$$u_{\text{ср}} = \frac{q}{h}.$$

4) Вычисленные значения средних скоростей на вертикали откладывают вверх от линии горизонта воды и соединяют плавной линией, полученная зависимость  $u_{\text{ср}} = u_{\text{ср}}(b)$ , называется **эпюрой распределения средних на вертикалях скоростей** по ширине потока.

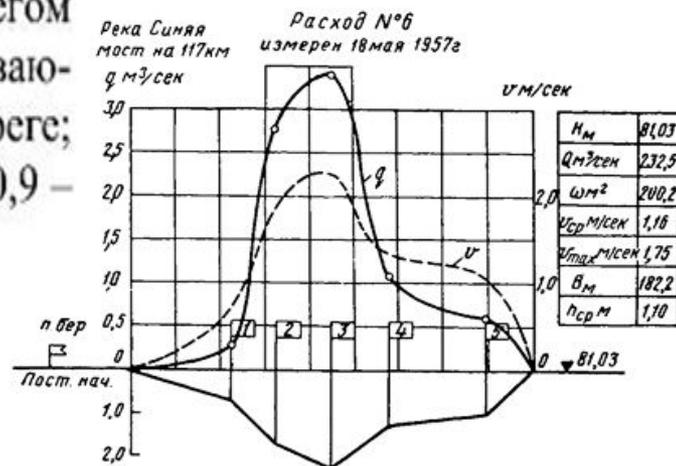
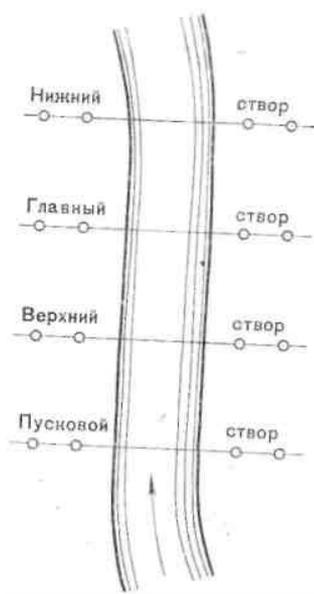
5) Откладывая  $q$  (расходы на вертикалях) вверх от поверхности воды и проводя плавную кривую, строят эпюру распределения расходов на вертикалях по ширине потока  $q = q(b)$ .

6) Площадь этой эпюры (определяемая планиметром) численно равна  $Q$ .

Расчет расхода воды  $Q$  в наиболее распространенном **аналитическом** способе можно представить в виде многочлена:

$$Q = k u_{в,1} \omega_1 + \frac{u_{в,1} + u_{в,2}}{2} \omega_2 + \dots + \frac{u_{в,n-1} + u_{в,n}}{2} \omega_n + k u_{в,n} \omega_{n+1},$$

где  $u_{в,1}, u_{в,2}, \dots, u_{в,n}$  – средние скорости на вертикалях, рассчитанные по формулам;  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n+1}$  – площади водного сечения между берегом и вертикалью или между вертикалями;  $k$  – коэффициент, учитывающий форму берега, принимаемый равным 0,7 при пологом берегу; 0,8 – при обрывистом берегу реки или неровной стенке канала; 0,9 – при гладкой (бетонной) стенке канала.



Расстояние до вертикалей от пускового начала	37,00	81,22	102,01	126,42	152,63	186,10	216,00
Глубины	0	0,69	1,74	2,28	1,31	1,05	0
Отметки дна	81,03	80,34	79,29	78,75	79,72	79,99	81,03
Средние скорости	0	0,41	1,58	1,49	0,81	0,56	0
Элементарные расходы	0	0,28	2,75	3,40	1,06	0,59	0



Рис. 79. Определение расхода воды графомеханическим способом

В некоторых случаях расход определяют способом «уклон-площадь». Он основан на применении формулы равномерного движения потока воды (формулы Шези), которая имеет вид:

$$Q = \omega C \sqrt{R i}.$$

где  $\omega$  – площадь живого сечения, м<sup>2</sup>;  $C$  – коэффициент Шези, м<sup>1/2</sup>/с;  $i$  – уклон водной поверхности;  $R$  – гидравлический радиус, м.

Из формулы Шези следует, что для определения расхода воды необходимо измерить площадь живого сечения  $\omega$ , продольный уклон свободной поверхности  $i$ , вычислить гидравлический радиус  $R$  и коэффициент Шези  $C$  в естественном состоянии в речном потоке.

Площадь живого сечения подсчитывают по материалам промерных работ на гидрометрическом створе. Продольный уклон водной поверхности определяется нивелированием свай, забитых вровень с поверхностью воды на концах выбранного участка реки. Коэффициент Шези рекомендуется вычислять по формуле Н.Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y,$$

где  $y = 1,5\sqrt{n}$  при  $R < 1$  м и  $y = 1,3\sqrt{n}$  при  $R > 1$  м

## **Инженерно-экологические изыскания -**

самостоятельный вид комплексных инженерных исследований, который выполняется согласовано с другими видами изысканий - инженерно-геодезическими, инженерно-геологическими, инженерно-гидрометеорологическими.

Инженерно-экологические изыскания выполняются для *экологического обоснования* гидротехнического строительства с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных последствий для сохранения оптимальных условий работы объекта и состояния обслуживающего персонала.



# **Задачи инженерно-экологических изысканий:**

- комплексное изучение природных и техногенных условий территории, ее хозяйственного использования и социальной сферы;
- оценка современного экологического состояния компонентов природной среды и экосистем (природных комплексов) в целом, их устойчивости к техногенным воздействиям и способности к восстановлению;
- разработка прогноза возможных изменений природных (природно-технических) систем при гидротехническом строительстве, эксплуатации и ликвидации гидротехнического объекта;
- оценка экологической опасности и риска;
- разработка рекомендаций по предотвращению вредных и нежелательных экологических последствий строительства и обоснование природоохранных и компенсационных мероприятий по сохранению, восстановлению и оздоровлению экологической обстановки;
- разработка мероприятий по сохранению социально-экономических, исторических, культурных, этнических и других интересов местного населения;
- разработка рекомендаций и/или программы организации и проведения локального мониторинга, отвечающего этапам (стадиям) предпроектных и проектных работ.

## Нормативная основа инженерно-экологических изысканий:

- федеральные нормативные документы для проведения инженерных изысканий для строительства;
- требования природоохранительного и санитарного законодательства Российской Федерации и субъектов Российской Федерации;
- постановления Правительства Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды;
- нормативные документы Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды;
- государственные стандарты и ведомственные природоохранные и санитарные нормы и правила с учетом нормативных актов субъектов Российской Федерации.



# **Техническое задание на выполнение инженерно-экологических изысканий**

Техническое задание на выполнение инженерно-экологических изысканий должно содержать техническую характеристику проектируемого или реконструируемого объекта (источника воздействия), в том числе:

- сведения по расположению альтернативных вариантов размещения гидротехнического объекта;
- объемы изъятия природных ресурсов (водных, лесных, минеральных), площади изъятия - земель (во временное и постоянное пользование), плодородных почв и др.;
- сведения о существующих и проектируемых источниках и показателях воздействий (расположение источников, состав и содержание загрязняющих веществ, интенсивность и частота сбросов и т.п.);

## а также:

- важнейшие технические решения и параметры проектируемых гидротехнических процессов (вид и количество используемого сырья и топлива, объемы оборотного водоснабжения, сточных вод, систем очистки и др.);
- данные о видах, количестве, токсичности, системе сбора, складирования и утилизации отходов (например, оросительные мелиорации с добавлением мелиорантов);
- сведения о возможных аварийных ситуациях и их типах, возможных зонах и объектах воздействия, планируемые мероприятия по предупреждению аварий и ликвидации их последствий.



# Программа инженерно-экологических изысканий

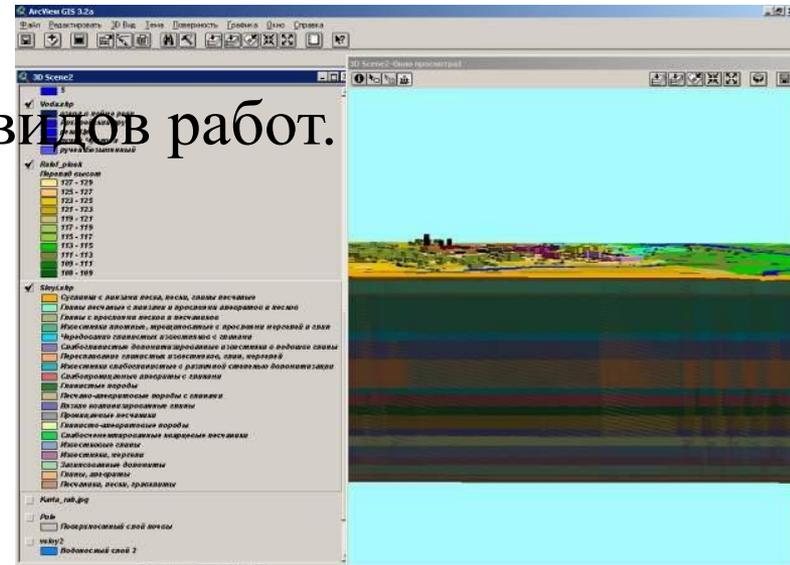


Программа составляется по техническому заданию заказчика в соответствии с действующими нормативами и содержит:

- краткую природно-хозяйственную характеристику региона размещения гидротехнического объекта, качественные и количественные характеристики проектируемых источников воздействия;
- оценку экологической изученности района изысканий;
- обоснование предполагаемых границ зоны воздействия и ограничения территории изысканий;

а также:

- данные о режиме природопользования, наличии особо охраняемых объектов, зон особой чувствительности территории к проектируемым воздействиям;
- обоснование состава и объемов изыскательских работ и необходимости организации экологического мониторинга;
- обоснование выбора методов прогноза и моделирования природных и антропогенных изменений природной среды, особенно для выявления ее компонентов, наиболее подверженных воздействиям;
- методику выполнения отдельных видов работ.



# Состав инженерно-экологических изысканий

В инженерно-экологические изыскания входят:

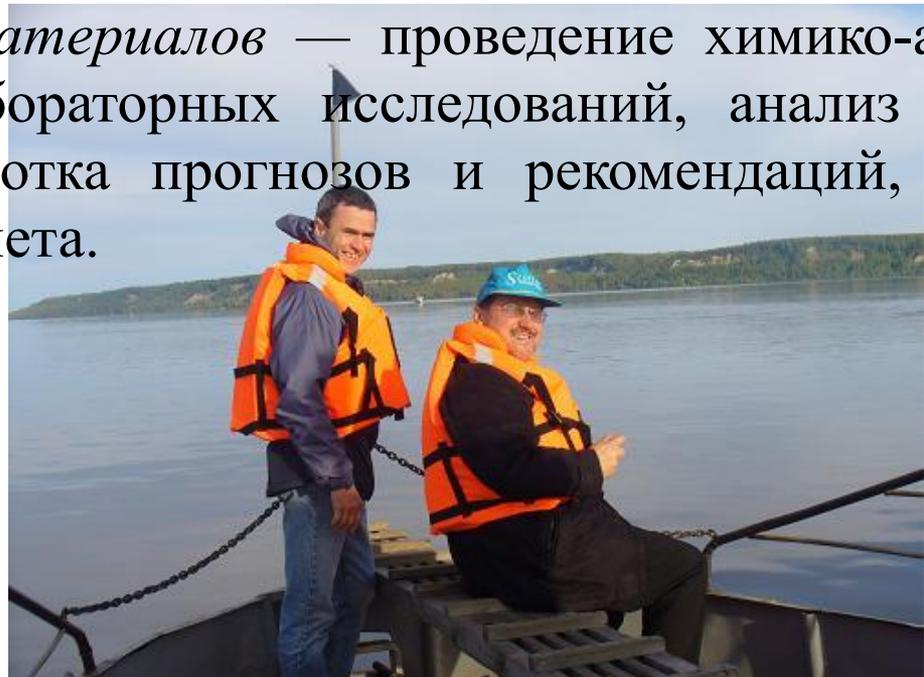
- сбор, обработка, анализ опубликованных, фондовых материалов и данных о состоянии природной среды, поиск объектов-аналогов для разработки прогнозов;
- экологическое дешифрирование аэрокосмических материалов с использованием различных видов съемок (черно-белой, мультиспектральной, радиолокационной, тепловой и др.);
- маршрутные наблюдения с покомпонентным описанием природной среды и ландшафтов в целом, состояния наземных и водных экосистем, источников и визуальных признаков загрязнения;
- проходка горных выработок для установления условий распространения загрязнений и геоэкологического опробования;

- опробование почво-грунтов, поверхностных и подземных вод и определение в них комплексов загрязнителей;
- газо-геохимические исследования;
- исследование и оценка физических воздействий;
- эколого-гидрогеологические исследования (оценка влияния техногенных факторов изменения гидрогеологических условий);
- почвенные исследования;
- изучение растительного и животного мира;
- социально-экономические исследования;
- санитарно-эпидемиологические и медико-биологические исследования;
- стационарные наблюдения (экологический мониторинг);
- камеральная обработка материалов;
- составление технического отчета.



***Инженерно-экологические изыскания для гидротехнического строительства*** должны проводиться в три этапа:

- *подготовительный* — сбор и анализ фондовых и опубликованных материалов и предполевое дешифрирование;
- *полевые исследования* — маршрутные наблюдения, полевое дешифрирование, проходка горных выработок, опробование, радиометрические, газо-геохимические, почвенные и другие натурные исследования;
- *камеральная обработка материалов* — проведение химико-аналитических и других лабораторных исследований, анализ полученных данных, разработка прогнозов и рекомендаций, составление технического отчета.



# Технический отчет по результатам инженерно-экологических изысканий

Отчет содержит следующие разделы и сведения:

- **Введение** — обоснование выполненных инженерно-экологических изысканий, их задачи, краткие данные о проектируемом гидротехническом объекте с указанием технологических особенностей объекта, виды и объемы выполненных изыскательских работ и исследований, сроки проведения и методы исследований, состав исполнителей и др.
- **Изученность экологических условий** — наличие материалов специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды и территориальных подразделений. Наблюдения Росгидромета, Санэпиднадзора, осуществляющих экологические исследования и мониторинг окружающей природной среды.
- **Краткую характеристику природных и техногенных условий** — климатические и топографические условия, включая региональные особенности местности (урочища, фации, их распространение); освоенность (нарушенность) местности, заболачивание, опустынивание, эрозия; особо охраняемые территории (статус, ценность, назначение, расположение), а также геоморфологические, гидрологические, геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия.

## а также:

- **Почвенно-растительные условия** — данные о типах и подтипах почв, их площадном распространении, физико-химических свойствах; преобладающих типах зональной растительности, основных растительных сообществах, агроценозах, редких, эндемичных, реликтовых видах растений, основных растительных сообществах, их состоянии и системе охраны.
- **Животный мир** — данные о видовом составе (в реках рыб), обилии видов, распределении по местообитаниям, путях миграции, тенденциям изменения численности, особо охраняемым, особо ценным и особо уязвимым видам и системе их охраны.
- **Хозяйственное использование территории** — структура земельного фонда, традиционное природопользование, инфраструктура, виды мелиорации, данные о производственной сфере, основных источниках загрязнения.
- **Социальная сфера** — численность, занятость и уровень жизни населения, демографическая ситуация, медико-биологические условия и заболеваемость.
- **Объекты историко-культурного наследия** — их состояние, перспективы сохранения и реставрации.

# Технический отчет по результатам инженерно-экологических изысканий для обоснований инвестиций дополнительно должен содержать:

1. *Оценку современного экологического состояния территории в зоне воздействия объекта* - комплексную (ландшафтную) характеристику экологического состояния территории, исходя из ее функциональной значимости; оценку состояния компонентов природной среды, наземных и водных экосистем и их устойчивости к техногенным воздействиям и возможности восстановления; данные по электромагнитному, радиационному, химическому, шумовому и другим видам загрязнений атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод; сведения о состоянии водных ресурсов и источников водоснабжения, защищенности подземных вод; наличие зон санитарной охраны, эффективности очистных сооружений; данные о санитарно-эпидемиологическом состоянии территории, условия

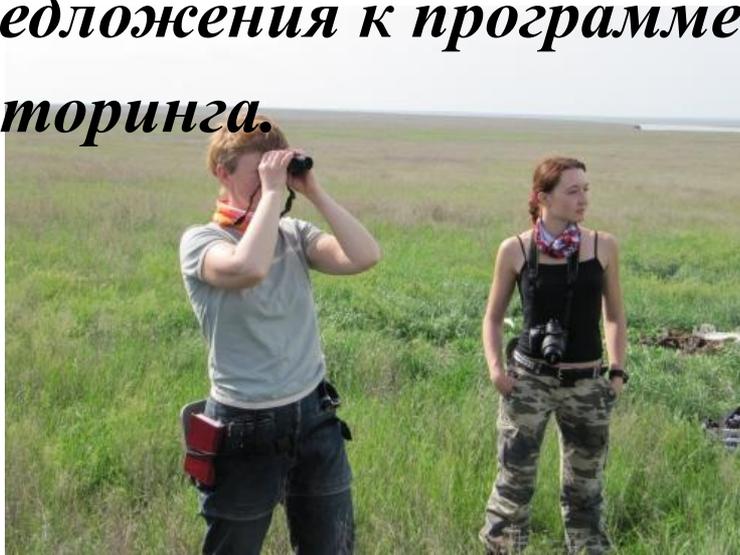


**2. *Предварительный прогноз возможных неблагоприятных изменений природной и техногенной среды при строительстве и эксплуатации объекта —*** покомпонентный анализ и комплексную оценку экологического риска, в том числе: прогноз загрязнения атмосферного воздуха и возможного воздействия объекта на водную среду; прогноз возможных изменений геологической среды; прогноз ухудшения качественного состояния земель в зоне воздействия объекта, нанесения ущерба растительному и животному миру; прогноз социальных последствий и воздействия намечаемой деятельности на особо охраняемые объекты (природные, историко-культурные, рекреационные и др.).

**3. Рекомендации и предложения по предотвращению и снижению неблагоприятных последствий, восстановлению и оздоровлению природной среды.**

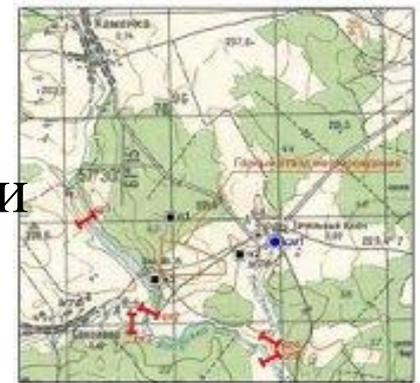
**4. Анализ возможных непрогнозируемых последствий строительства и эксплуатации гидротехнического объекта, например, при возможных аварийных ситуациях и др.**

**5. Предложения к программе экологического мониторинга.**



***Картографическая часть технического отчета*** В зависимости от стадии, проектирования и решаемых задач должна содержать:

- карту современного экологического состояния;
- карту прогнозируемого экологического состояния;
- карту экологического районирования;
- геоэкологические карты и схемы зоны воздействия гидротехнического объекта и прилегающей территории с учетом возможных путей миграции, аккумуляции и выноса загрязняющих веществ;
- карты фактического материала;
- ландшафтные, почвенно-растительные, лесо- и землеустроительные и другие вспомогательные картографические материалы.



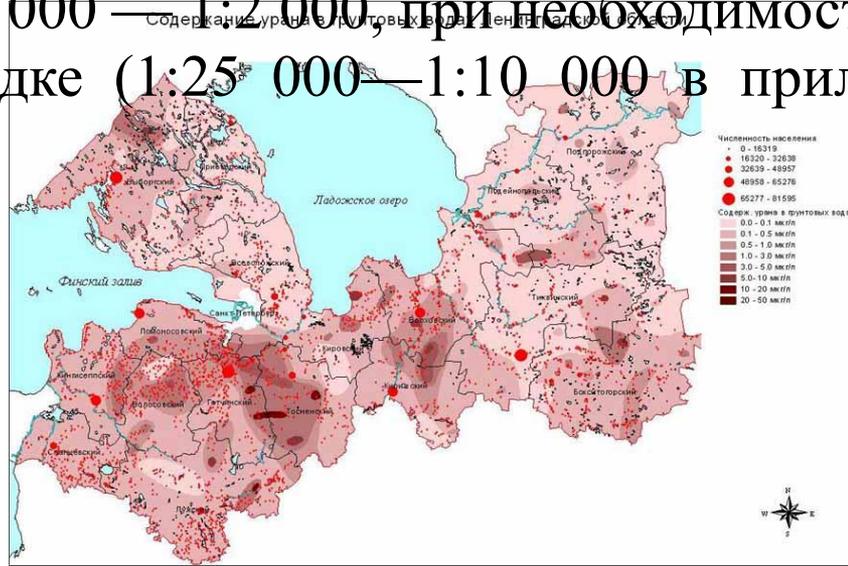
Масштаб: 1:50 000

Специальные обозначения:

- 01 граница территории для планировки за растительностью и почвенным покровом;
- 02 наблюдательный сток на водозабор;
- 03 скважина для мониторинга.

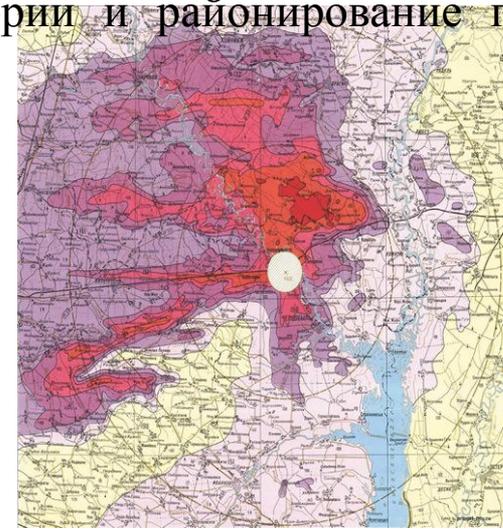
**Экологические (или ландшафтно-экологические) карты (схемы)** современного и прогнозируемого состояния изучаемой территории должны, как правило, составляться в масштабах:

- при инженерных изысканиях для обоснований инвестиций в строительство и другой предпроектной документации масштабы карт следует принимать в зависимости от величины предполагаемой зоны воздействия от 1:50 000 до 1:10 000;
- при инженерных изысканиях для проекта строительства экологические карты (схемы) исследуемой территории должны составляться в масштабах 1:5 000 — 1:2 000, при необходимости 1:1000 на выбранной площадке (1:25 000 — 1:10 000 в прилегающей зоне).



*На карте (схеме) современного экологического состояния* следует отображать:

- распространение различных типов ландшафтов;
- функциональное зонирование территории;
- расположение основных источников загрязнения и их характеристики;
- возможные пути миграции и участки аккумуляции загрязнений;
- расположение особо охраняемых участков и зон ограниченного использования;
- расположение участков особой чувствительности к воздействиям опасных природных и техногенных процессов;
- расположение объектов историко-культурного наследия;
- результаты геохимических, гидрохимических и радиационных исследований (в виде изолиний коэффициентов концентрации токсичных веществ в почвах, диаграмм концентрации загрязняющих компонентов в пробах поверхностных, подземных и сточных вод и т.п.);
- оценку современного экологического состояния территории и районирование по условиям экологического благополучия природной среды.



*На карте (схеме) прогнозируемого экологического состояния* в зависимости от видов и характера воздействий и особенностей природных условий следует отображать:

- ожидаемые изменения в ландшафтной структуре территории, изменение морфоструктуры ландшафтов (увеличение зеркала водной поверхности, деградация почв, трансформация растительных сообществ, сокращение лесных площадей и т.п.);
- ожидаемые изменения отдельных компонентов окружающей природной среды (подъем уровня грунтовых вод, развитие заболачивания, подтопления, засоления, дефляции и других опасных процессов, деградация мерзлоты);
- динамику предполагаемого распространения различных типов и видов загрязнений;
- ожидаемые изменения общих оценок территории по степени экологического благополучия природной среды.

**Экологические карты (схемы)** должны сопровождаться развернутыми легендами (экспликациями), необходимыми разрезами и другими дополнениями. Допускается составление единой карты (инженерно-экологической) современного экологического состояния территории с элементами прогноза, а также вынос части информации на вспомогательные карты (схемы).

Исходным материалом для составления *экологических карт (схем)* должны служить карты — ландшафтная, геологическая, почвенная, растительности, животного мира, а также инженерно-геологическая, геоморфологическая, гидрогеологическая, защищенности грунтовых вод, коэффициентов концентрации химических веществ в изолиниях, **прогнозные карты** концентрации загрязняющих веществ в ландшафтах и т.п.





**Информационное обеспечение инженерно-экологических изысканий** зависит от экологической изученности региона.

Материалы о природных условиях представляются архивами и фондами государственных органов по охране окружающей среды, центрами по гидрометеорологии и мониторингу Росгидромета, центрами санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава, фондами изыскательских и проектно-изыскательских организаций РусГИДРО, а также научно-исследовательскими и учебными организациями, выполняющими тематические ландшафтные, почвенные, геоботанические, медико-биологические исследования и т.д.

# **Инженерно-геологические изыскания для строительства. Их основные этапы**

***Инженерно-геологическое  
обеспечение*** гидротехнического  
строительства является результатом  
выполнения инженерно-геологических  
изысканий на различных стадиях  
проектирования и строительства  
гидротехнического объекта.

*Инженерно-геологические изыскания* для гидротехнического строительства представляют собой производственный процесс получения, накопления и обработки инженерно-геологической информации для обеспечения строительного проектирования исходными данными об инженерно-геологических условиях объекта, обеспечивающих разработку технически правильных и экономически наиболее целесообразных решений при гидротехническом проектировании и строительстве.



*Инженерно-геологические условия* объекта – это совокупность компонентов геологической среды, которые могут оказать влияние на проектируемый объект (рельеф, геологическое строение, гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов, проявление опасных геологических процессов).

Важнейшей задачей инженерно-геологических изыскания является прогнозирование взаимодействия между геологической средой и проектируемым гидротехническим сооружением, а также развития инженерно-геологических процессов при его строительстве и эксплуатации.



В соответствии со СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», инженерно-геологические изыскания осуществляются на основе заключенного между Заказчиком и Исполнителем **договора (контракта)**.

*Договор (контракт) между Заказчиком и Исполнителем является основанием для производства инженерно-геологических изысканий. Обязательными приложениями к договору являются техническое задание, календарный план работ и смета, а при необходимости программа проведения инженерно-геологических изысканий.*

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

Основными этапами являются:

Предпроектный, включающий прединвестиционную документацию и обоснование инвестиций в строительство;

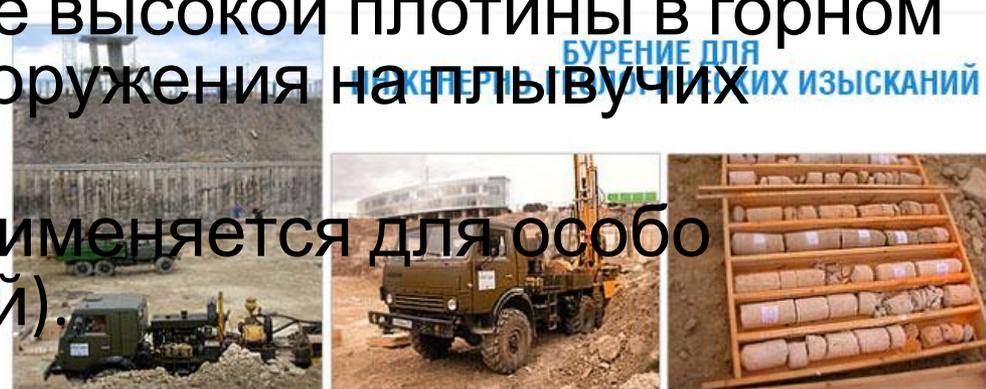
Проектный – в его состав входят проект и рабочая документация для строительства гидротехнического объекта;

Строительный (применяется не всегда) – применяется в случаях особо сложных условий строительства (возведение высокой плотины в горном ущелье; строительства сооружения на плавучих грунтах);

Эксплуатационный (применяется для особо ответственных сооружений).



Шурф, скважина



На *предпроектном* этапе оценки инженерно-геологических условий возможности гидротехнического строительства проводится сбор, обработка и анализ архивных и фондовых материалов регионального характера.

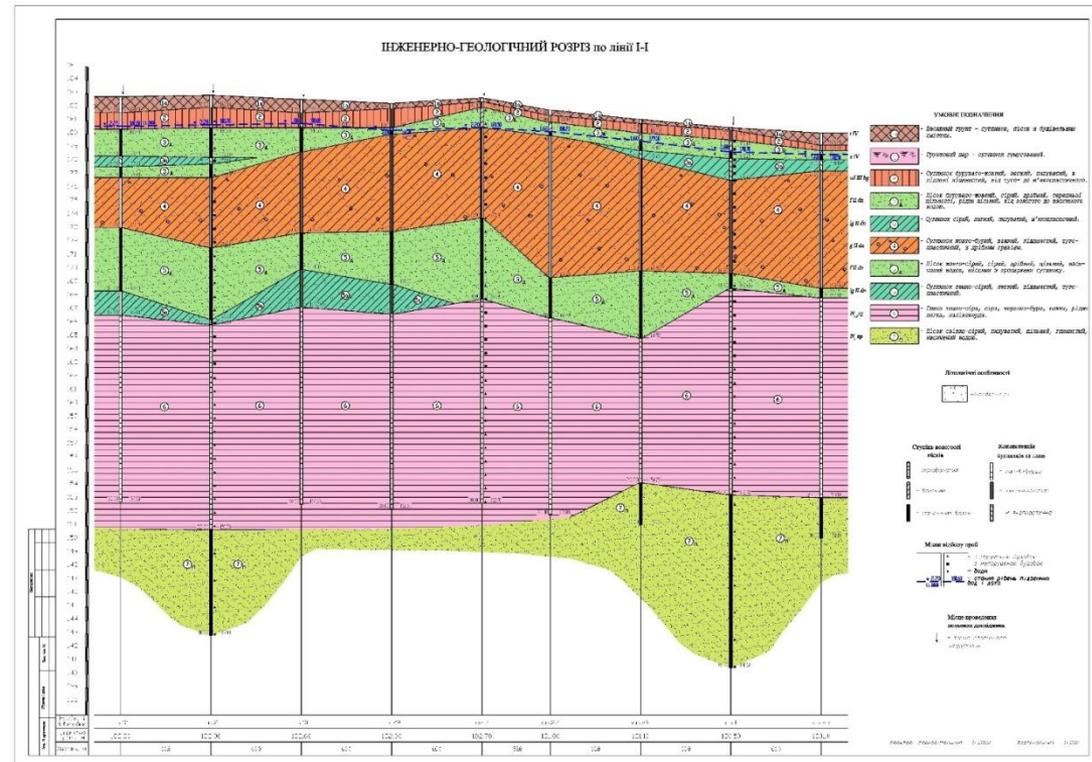
При получении инженерно-геологической информации на данном этапе главным комплексным методом является инженерно-геологическая съемка. Масштаб съемки от 1:200000 до 1:50000 в зависимости от сложности инженерно-геологических условий.

Основными частными методами являются буровые и горные работы, а так же геофизические исследования.



Буровые работы проводят на территориях планируемого размещения гидроузлов. Глубина скважин обуславливается мощностью взаимодействия геологической среды и сооружений гидроузла.

По данным бурения устанавливают физико-механические свойства горных пород и их границы. Гидрогеологические условия территории, водно-физические и фильтрационные свойства горных пород устанавливаются по результатам **опытных гидрогеологических работ** (опытные откачки, нагнетания, наливывы).



# Состав инженерно-геологических изысканий

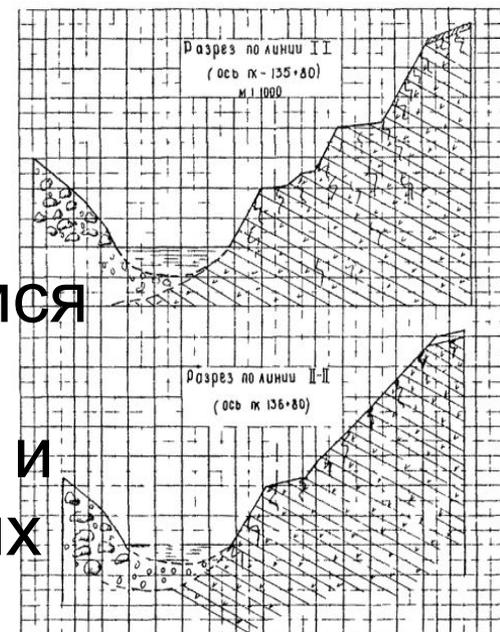
В состав инженерно-геологических изысканий входят:

- сбор и обработка материалов изысканий прошлых лет;
- дешифрирование космо-, аэрофотоматериалов и аэровизуальные наблюдения;
- маршрутные наблюдения (рекогносцировочное обследование);
- проходка горных выработок;
- геофизические исследования;
- полевые исследования грунтов;
- гидрогеологические исследования;

# А также:

- сейсмологические исследования;
- сейсмическое микрорайонирование;
- стационарные наблюдения;
- лабораторные исследования грунтов и подземных вод;
- обследование грунтов оснований существующих гидротехнических сооружений;
- камеральная обработка материалов;
- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;
- оценка опасности и риска от геологических и инженерно-геологических процессов;
- составление технического отчета.

Сбор и обработка материалов геологоразведочных работ, изысканий и исследований прошлых лет должны быть направлены на получение данных о геологическом строении территории намечаемого строительства, тектонических нарушениях и гидрогеологических условиях и производится, в основном, по имеющимся материалам геологической разведки месторождения полезного ископаемого и данным территориальных геологических организаций, маркшейдерско-геодезической документации, а также по материалам региональных исследований и стационарных наблюдений (в частности, за режимом подземных вод и опасными

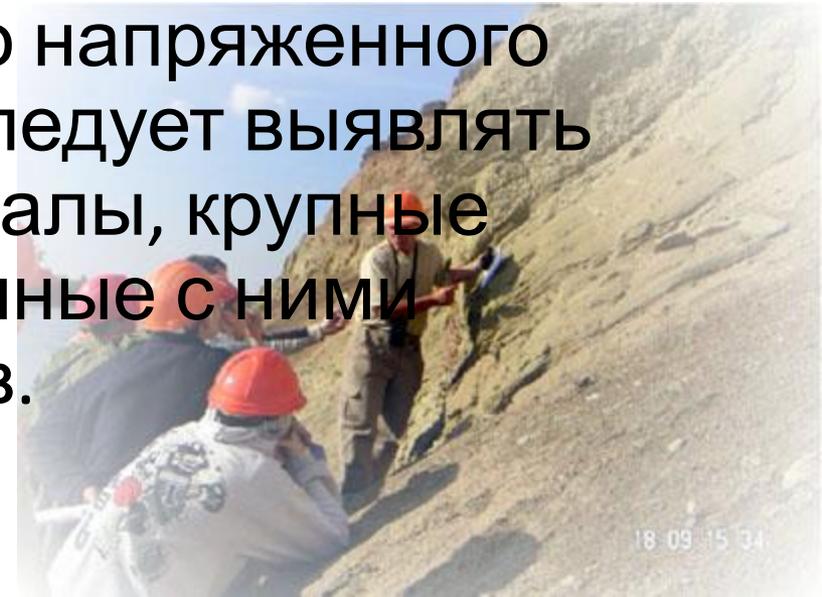


Особое внимание следует уделять сбору следующих сведений и данных:

- наличие тектонических разломов в районе изысканий;
- результаты многолетних режимных наблюдений за подземными водами;
- зафиксированные явления обмеления, исчезновения и образования новых водотоков и водоемов поверхностных вод;
- положение и глубина горных выработок;
- развитие геологических и инженерно-геологических процессов;
- деформации и разрушения зданий и сооружений в районе строительства.

*Маршрутные наблюдения* в процессе рекогносцировочного обследования подрабатываемой территории следует осуществлять в соответствии с п. 5.5 СП 11-105-97 (часть I).

При описании естественных обнажений особое внимание следует уделять характеристике трещиноватости, как важнейшему фактору ослабления массива горных пород и изменения его напряженного состояния при подработке. Следует выявлять суффозионные воронки, провалы, крупные трещины и др., а также связанные с ними оползневые подвижки грунтов.



*Проходка горных выработок* трудоемкий процесс. Специфика геологоразведочных работ в том, что они ведутся преимущественно в условиях с не достаточно развитой инфраструктурой или при ее полном отсутствии. Проходка горных выработок может осуществляться тремя основными способами:

- 1) механизированным с применением специальных землеройных машин;
- 2) вручную с применением шанцевого инструмента;
- 3) с применением буровзрывных работ.



Механизированный способ проходки возможен в мягких, сыпучих, вязких трещиноватых горных породах (I–V категорий) и предусматривает использование экскаваторов, бульдозеров, скреперов и некоторых других агрегатов. Наиболее целесообразен на стадии поисков и разведки с относительно большими объемами проходческих работ.



Проходка вручную осуществляется при небольших объемах работ или при невозможности применения землеройных машин в рыхлых, мягких и трещиноватых горных породах. В некоторых случаях возможна проходка вручную в крепких трещиноватых или слоистых породах с применением клиньев.

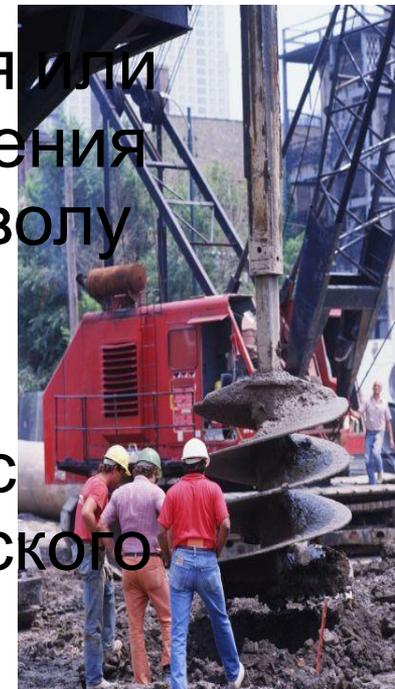
В твердых породах категорий VI–XX и мерзлых породах всех категорий проходка горных выработок осуществляется с применением буровзрывных работ.



*Геофизические методы исследования скважин* - комплекс физических методов, используемых для изучения горных пород в околоскважинном и межскважинном пространствах, а также для контроля технического состояния скважин. Геофизические исследования скважин делятся на две весьма обширные группы методов - методы каротажа и методы скважинной геофизики.

Каротаж, также известный как промысловая или буровая геофизика, предназначен для изучения пород непосредственно примыкающих к стволу скважины (радиус исследования 1-2 м).

Каротаж представляет собой детальное исследование строения разреза скважины с помощью спуска-подъёма в ней геофизического зонда.



*Полевые исследования* грунтов включают статическое и динамическое зондирование грунтов.

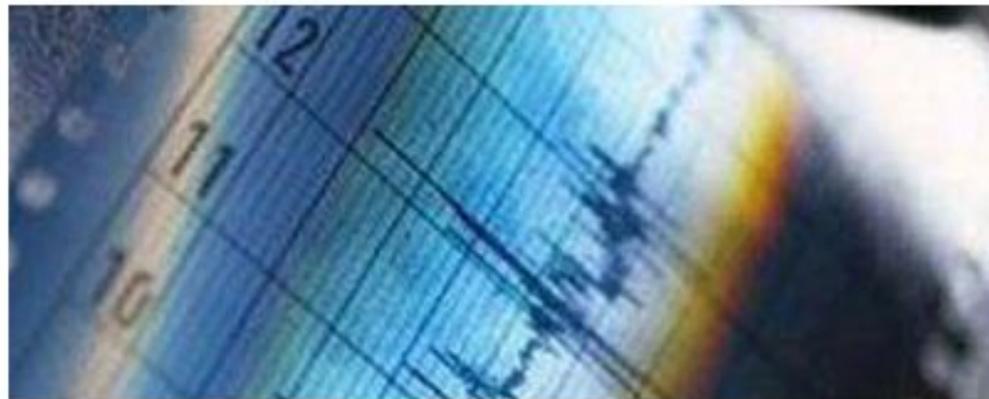
Статическое и динамическое зондирование грунтов проводится по ГОСТ 19912-2001 для выявления в толще перекрывающих песчано-глинистых грунтов до глубины 20 м (над старыми горными выработками, подземными сооружениями) пустот и разуплотненных зон (грунтов пониженной прочности), а также определения динамической устойчивости песчаных водонасыщенных грунтов.

Методы зондирования рекомендуется также применять для уточнения мест расположения старых подземных выработок, их устьев и тектонических нарушений горных пород под перекрывающими породами, при их мощности

*Гидрогеологические исследования* в составе инженерно-геологических изысканий выполняются для выявления взаимодействия проектируемого объекта с геологической средой, определения залегания подземных вод, их свойств и состояния, прогноза процесса подтопления, изучения влияния подземных вод на интенсивность развития геологических и инженерно-геологических процессов (суффозия, оползни, пучение и др.) изменения свойств грунтов под действием подземных вод.



*Сейсмологические исследования* являются отдельным видом работ в составе инженерных изысканий (согласно Приказу Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. №624). Целью сейсмологических исследований является получение исходных количественных характеристик ожидаемых сейсмических воздействий для средних грунтовых условий исследуемой территории с учетом источников сейсмических колебаний в региональном и локальном масштабах.



Гидрогеологические параметры и характеристики	Методы определения	Условия применения	
Для грунтов (горных пород)	Коэффициент фильтрации (водопроницаемости)	Полевые испытания в соответствии с ГОСТ 23278-78, экспресс-откачки и наливы, лабораторные методы и расчеты по эмпирическим формулам	Водонасыщенные и неводонасыщенные грунты
	Коэффициент водоотдачи (гравитационной или упругой)	Кустовые откачки из скважин. Стационарные наблюдения за уровнем подземных вод (УПВ). Лабораторные методы	Водонасыщенные грунты
	Коэффициент недостатка насыщения	Наливы воды в шурфы	Неводонасыщенные грунты
	Высота капиллярного поднятия (капиллярный вакуум)	Наливы воды в шурфы, лабораторные методы	Неводонасыщенные грунты
	Удельное водопоглощение (относительная водопроницаемость)	Наливы воды в скважины	Водонасыщенные и неводонасыщенные грунты
		Нагнетания воды в скважины	Водонасыщенные грунты
Нагнетания воздуха в скважины		Неводонасыщенные грунты	
Для водоносных горизонтов	Мощность водоносного горизонта	Анализ гидрогеологического разреза. Поинтервальное опытно-фильтрационное опробование	Водонасыщенные грунты
	Направление подземного потока	По карте гидроизогипс (гидроизопьез)	Водонасыщенные грунты
	Гидравлический градиент (уклон) подземного потока	То же	Водонасыщенные грунты
	Коэффициент водопроницаемости	Опытные откачки из скважин	Водонасыщенные грунты
	Коэффициент уровнепроводности (пьезопроводности)	Кустовые откачки из скважин	Водонасыщенные грунты
	Коэффициенты перетекания и вертикального водообмена	Кустовые откачки воды из скважин. Стационарные наблюдения за УПВ	Слоистые водоносные толщи
	Фильтрационное сопротивление днщ водоемов	Стационарные наблюдения за уровнями подземных и поверхностных вод	Водонасыщенные грунты
	Действительная скорость движения подземных вод	Полевые геофизические и индикаторные методы	Водонасыщенные грунты
	Инфильтрационное питание (модуль питания пласта)	Стационарные наблюдения за УПВ. Балансовые расчеты	Водонасыщенные грунты

*Лабораторные исследования грунтов и подземных вод* проводятся обычно в аккредитованной грунтовой лаборатории, оборудованной полным комплексом новых и современных приборов для определения механических, физических, коррозионных свойств образцов грунтов, анализа воды и водной вытяжки позволяет контролировать инженерно-геологические изыскания на всех этапах, включая лабораторные исследования.



# Общие понятия о движении подземных вод

Подземные воды в большинстве случаев находятся в движении. Раздел гидрогеологии, изучающий закономерности движения подземных вод, называется ***динамикой подземных вод***.

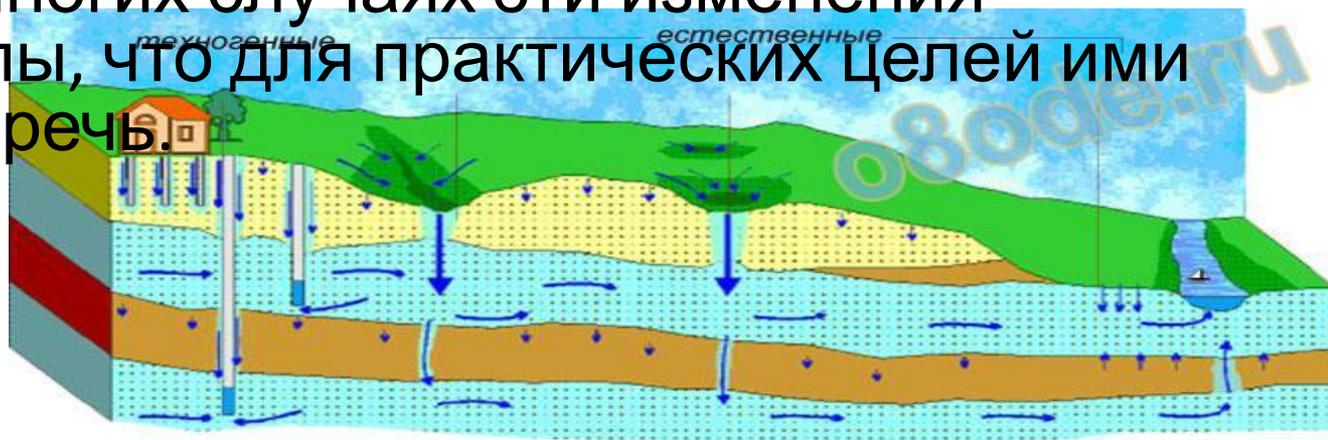
Законы движения подземных вод используются при гидрогеологических расчетах водозаборов, дренажей, определении притоков воды к строительным котлованам и т. д.

Подземные воды могут передвигаться в горных породах как путем инфильтрации, так и фильтрации. При *инфильтрации* передвижение воды происходит при частичном заполнении пор воздухом или водяными парами, что обычно наблюдается в зоне аэрации. При *фильтрации* движение воды происходит при полном заполнении пор или трещин водой. Масса этой движущейся воды создает ***фильтрационный поток***.

Фильтрационные потоки подземных вод различаются по *характеру движения, гидравлическому состоянию, режиму фильтрации* и т. д.

Движение подземных вод может быть *установившимся и неуставившимся, напорным и безнапорным, ламинарным и турбулентным.*

При *установившемся* движении все элементы фильтрационного потока (скорость, расход, направление и др.) не изменяются во времени. Во многих случаях эти изменения настолько малы, что для практических целей ими можно пренебречь.



*Виды быстрых путей миграции*

Фильтрационный поток называется *неустановившимся*, если основные его элементы изменяются не только от координат пространства, но и от времени.

Подземный поток становится переменным, т. е. приобретает неустановившийся характер движения под действием различных естественных и искусственных факторов (неравномерная инфильтрация атмосферных осадков, откачка воды из скважины, сброс сточных вод на поля фильтрации и т. д.).

По гидравлическому состоянию различают безнапорные, напорные и напорно-безнапорные потоки подземных вод.

Для **безнапорных** потоков характерно неполное заполнение водой поперечного сечения водопроницаемого пласта. Безнапорные потоки имеют свободную поверхность, движение воды в них происходит под действием силы тяжести.

**Напорные** потоки характеризуются полным заполнением поперечного сечения водопроницаемого пласта водой, имеется пьезометрический уровень, движение воды происходит как под действием силы тяжести, так и за счет упругих свойств воды и водовмещающих пород.

**Напорно-безнапорные** потоки образуются при откачке воды из скважин, если пьезометрический уровень опускается ниже кровли напорного водоносного пласта



# Подтопление. Дренаж

## *Подтопление -*

подъём уровня грунтовых вод, обусловленный повышением

горизонтов воды в реках при сооружении водохранилищ, русловых плотин, судоходных каналов и др.

гидротехнических сооружений, насыщение ранее безводных грунтов при фильтрации воды через дно и берега каналов, потерями её из водопроводной и канализационных сетей, заилением русел рек и пр.;

естественная причина — подъём уровня моря.

При подтоплении заболачиваются и заселяются почвы, снижается продуктивность лугов, полей и лесов, ухудшается санитарное состояние местности, разрушаются здания и др. К подтопленным относят территории, на которых уровень грунтовых вод поднялся на глубину, недопустимую для её хозяйственного использования:

для лугов на 0,6-0,9 м,

пашни — 0,8-0,4 м,

садов — 1,2-1,8 м,

мелких населённых пунктов — 1,5-2 м,

городов — 3-4 м.

Для защиты земель от подтопления строят осушительные системы – **дренаж** горизонтальный, вертикальный или комбинированный с машинной откачкой воды. Дрены располагают на границе защищаемой территории.

**При строительстве гидросооружений**, перекрывающих створ реки, приходится производить постоянный сброс строительных расходов через створ сооружения.

Наиболее часто применяются следующие способы пропуска строительных расходов:

1. Пропуск строительных расходов через временные строительные водосбросы. Река перегораживается временной перемычкой.
2. Постройка сооружения по частям (очередям). Котлован каждой очереди (секции) ограждается перемычками, а строительный расход пропускается через непокрытую часть русла.
3. Пропуск строительных расходов через недостроенные сооружения.
4. Пойменный способ возведения гидротехнических сооружений. В сухой части поймы возводятся основные бетонные сооружения гидроузла, такие как плотина, здание ГЭС, а бытовое русло реки при этом не стесняется, позволяя пропускать строительные расходы. Затем русло реки перекрывается каменным банкетом, который возводится наброской в текущую воду каменных или бетонных блоков, а строительный расход направляется через построенные водосбросы плотины и турбинные водоводы ГЭС. Под защитой каменного банкета возводят намывную или насыпную земляную плотину.

Условия строительства гидротехнических объектов в различных районах Российской Федерации (север, юг) отличаются многообразием. Поэтому и подход к организации строительства не может быть единым, он должен учитывать назначение объекта, особенности его размещения, эксплуатационные характеристики и мн. др.

Строительство крупных ГЭС (чаще энергетического профиля) осуществляется АО, организованными на базе ПАО «РусГидро» (например, ЗАО «Организатор Строительства Богучанской ГЭС»). Строительство более мелких ГЭС водохозяйственного назначения осуществляется силами местных водохозяйственных организаций (АО, ПМК, СМУ).

# Благодарю за внимание!

