

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович

Должность: ректор ФГБОУ ВО Бавиловский университет

Дата подписания: 21.03.2023 09:16:04

Уникальный программный ключ:

528682d78e671e566ab07f01fe1ba2172f735a12

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное образовательное**  
**учреждение высшего профессионального образования**  
**«Саратовский государственный университет генетики,**  
**биотехнологии и инженерии**  
**имени Н.И. Вавилова»**

**Методические указания по ознакомительной  
практике (по гидрологии, климатологии и  
метеорологии)**

**Саратов – 2022**

## Введение

Гидрология относится к циклу наук о Земле и изучает гидросферу, ее свойства и протекающие в ней процессы и явления во взаимосвязи с атмосферой, литосферой и биосферой. Следовательно, для понимания и усвоения курса гидрологии необходимо твердое и безупречное знание большого цикла наук о Земле. Для понимания гидрологических процессов и явлений в данном комплексе дисциплин особое значение имеет метеорология, поэтому в настоящем пособии метеорологические наблюдения выделены в самостоятельные разделы. Основное внимание при этом уделено метеорологическим вопросам, которые тесно соприкасаются с гидрологией: атмосферным осадкам, температуре воды и воздуха, атмосферному давлению и испарению с поверхности воды и почвы.

Раздел гидрологии, в котором разрабатываются методы и приборы для определения основных гидрологических характеристик, называется гидрометрией. Если в инженерной гидрологии основными являются статистический метод и метод аналогий, то гидрометрия опирается на экспедиционный и экспериментальный методы, позволяющие определить гидрометрические и гидродинамические характеристики потоков, получить гидрологические ряды жидкого и твердого стока, т.е. первичный материал для выяснения закономерностей режима водных объектов. Еще Леонардо да Винчи указывал на то, что «всякий раз, когда имеешь дело с водой, прежде всего обратись к опыту, а потом рассуждай».

В методических указаниях содержатся сведения по организации учебной практики. Виды гидрометрических и метеорологических работ описаны в отдельных главах. Перед описанием порядка выполнения работ в каждом разделе указаны задачи данного вида работ, их практическое значение, а также дано краткое описание приборов и устройств, которые используют обучающиеся на практике.

Учебная практика должна рассматриваться в первую очередь как составная часть изучения курса инженерной гидрологии, а не только как трени-

ровка в выполнении наблюдений. В связи с этим большое внимание во время практики необходимо уделять анализу результатов выполняемых наблюдений и их сопоставлению с теорией, что нашло отражение и в настоящем пособии. Вместе с тем во время практики высокие требования должны предъявляться и к качеству выполнения, записи и обработки наблюдений.

Порядок выполнения, записи и обработки наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах определяется Наставлениями, Руководствами, Методическими письмами и другими директивными документами, которые должны тщательно изучаться обучающимися в ходе практики. Однако точное выполнение всех указаний, содержащихся в этих документах, в условиях учебной практики обычно невозможно. Кроме того, они в основном составляются для техников-наблюдателей. Настоящее указание не заменяет эти документы, но дополняет их с учетом особенностей учебной практики. В соответствии с учебными планами практика по гидрологии и метеорологии проводится летом, поэтому в методических указаниях не включены виды работ, проводимые в зимний период.

# 1 ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1 Цель и задачи исследований

Основными задачами гидрологических и метеорологических исследований являются:

- ознакомление с физико-географическими, климатическими и гидрологическими условиями формирования режима водных объектов;
- выявление закономерностей распределения важнейших гидрологических и гидравлических характеристик рек и их колебания во времени;
- изучение организации, методов и способов выполнения основных гидрометеорологических работ, ознакомление с действием гидрологических и метеорологических приборов и сооружений;
- приобретение навыков проведения наблюдений, камеральной обработки и анализа полевых материалов.

При выполнении работ, предусмотренных программой исследований, необходимо кроме настоящего пособия использовать следующую литературу:

Бондаренко Ю. В. Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований: Учебное пособие/ Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов, 2017 - ...с.

Железняков Г. В., Овчаров Е. Ф. «Инженерная гидрология и регулирование стока». М.: Колос, 1993. 464 с.

Лучшева А. А. «Практическая гидрометрия». Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 424 с.

«Наставление гидрометеорологическим станциям и постам». Вып. 2. Ч. II. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 264 с.

РД. Дополнение к наставлению гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. I. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 90 с.

## 1.2 Организация работ

По условиям техники безопасности при проведении гидрометрических работ на водном объекте рабочая группа делится на бригады.

Руководитель работ доводит до членов бригады задачи и порядок проведения исследований, состав гидрометеорологических работ, дает необходимые объяснения и консультации, инструктирует по технике безопасности и следит за правильностью оформления соответствующих документов, проводит коллоквиумы по видам работ, проверяет отчеты.

Начало и окончание ежедневной работы определяются распорядком дня. Пропуски или опоздания недопустимы.

Бригадир возглавляет и организует работу своей бригады в течение всего периода проведения исследований, получает и распределяет между членами бригады приборы и инструменты, следит за их сохранностью, отвечает за дисциплину в бригаде и соблюдение правил техники безопасности.

Члены бригады обязаны:

- соблюдать распорядок дня;
- находиться в течение рабочего дня на своих рабочих местах;
- не отлучаться без разрешения бригадира с места исследований;
- бережно обращаться с приборами, оборудованием, пособиями и другим имуществом, экономно расходовать бланковый материал, бумагу, электроэнергию и т.п.;
- активно участвовать во всех видах полевых и камеральных работ;
- быть опрятными, поддерживать чистоту и порядок в помещениях;
- активно участвовать в общественной жизни группы.

Большое значение во время исследований имеет трудовая дисциплина и, в частности, точное соблюдение сроков наблюдений. Недопустимы опоздания в наблюдениях и тем более их пропуск или перепоручение работ другим лицам.

### **1.3 Содержание исследований**

Гидрометеорологические изыскания предусматривают весь комплекс гидрологических, метеорологических и микроклиматических исследований.

Содержание учебных практик и время, отводимое на отдельные виды работ, во многом определяются спецификой учебного плана применительно к той или иной ситуации. В одних случаях требуется детальное изучение гидрологических изысканий и лишь основ метеорологических, в других – наоборот. Но чаще гидрологические и метеорологические исследования выступают как самостоятельные дисциплины, соприкасающиеся при изучении отдельных тем разделов.

Содержание исследований и время, отводимое на отдельные виды работ, определяются программой (таблица 1).

Таблица 1 – Перечень заданий и распределение времени по видам работ

Вид работ	Время, %	Материалы к отчету
Изучение техники безопасности, проверка знаний	10	Журнал по технике безопасности
Получение приборов, осмотр и поверки; упражнения по работе и уходу за ними	10	
Организация гидрологических наблюдений:	20	
а. Рекогносцировочное обследование участка водного объекта		План участка водного объекта в масштабе 1:5000
б. Создание плановой и высотной основ съемки		Журнал угломерной съемки теодолитного хода
в. Съемка ситуации и составление плана		Топографический план с ситуацией
Устройство гидрологического поста:	25	
а. Составление проекта гидрологического поста		План участка гидрологического поста
б. Нивелирование водомерного поста		Продольный профиль водомерного поста
в. Устройство метеорологической площадки		
Производство наблюдений на гидрологическом посту:	10	Фиксация наблюдений для отчета
а. Производство водомерных наблюдений		
2. Метеорологические наблюдения		Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений
Экскурсия на гидрометеорологические станции ФА Росгидромета	5	Характеристика станции
Оформление отчета, сдача приборов, зачет по практике	20	Отчет
Всего:	100	

## 1.4 Техника безопасности при проведении изысканий

### 1.4.1 Общие положения и основные правила

Обучение безопасности преследует три основные цели:

- обеспечение безопасности работающих при производстве ими гидрологических работ, предусмотренных программой исследований;
- развитие понимания задач техники безопасности и охраны труда;
- отработка работниками приемов спасения и оказания помощи для уверенной передачи этих навыков своим подчиненным.

Одним из основных является требование об установлении пригодности работников (при проведении учебной практики – обучающихся) по состоянию здоровья к работе на воде. Все они обязаны пройти предварительное медицинское освидетельствование. К числу болезней и причин, препятствующих работе на воде, относятся: эпилепсия, головокружение, слабосилие и наличие других физических недостатков.

Перед выездом на полевые изыскания руководитель, ответственный за технику безопасности, организует изучение работниками «Инструкции по технике безопасности при проведении гидрологических изысканий». После контрольного опроса работники расписываются в специальном журнале. Инструктаж на рабочих местах проводится непосредственно перед началом работ.

Работники, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к полевым работам не допускаются!

Каждый случай нарушения правил техники безопасности (ТБ) должен быть предметом всестороннего анализа как руководителя, так и работников. Руководитель работ после беседы с лицами, нарушившими ТБ, может:

- провести инструктаж по ТБ заново и после контрольного опроса допустить к работам;
- отстранить работников, грубо нарушающих ТБ, от проведения работ и принять меры административного воздействия.

Гидрологические изыскания, проводимые на водных объектах с использованием различных плавательных средств, являются чрезвычайно опасными. Поэтому при проведении гидрометеорологических работ необходимо твердое знание и неукоснительное выполнение следующих основных правил техники безопасности.

### ***Правила безопасности в пути следования***

К месту полевых работ работники следуют в общественном транспорте или на транспорте предприятия. В первом случае необходимо соблюдать общие правила проезда в транспорте. Посадка в транспорт производится с разрешения руководителя работ. В пути следования запрещается выглядывать из окон автобуса, выставлять локти из окон, покидать автобус без разрешения руководителя.

### ***Общие требования техники безопасности при производстве работ на берегу***

Береговые гидрологические наблюдения могут производиться как в виде самостоятельных, так и в составе гидрометрических работ по изучению гидрологических характеристик потока.

Участок берега должен иметь удобные подходы к урезу воды. Спускитропинки допустимы лишь при пологом (до 20°) спуске, при более крутом спуске они должны быть оборудованы лестничными ступеньками.

Не разрешается ложиться или садиться на сырую траву и землю.

В солнечные дни необходимо работать в головных уборах.

Необходимо пользоваться водой для питья только из мест, специально для этого приспособленных.

Нельзя носить за спиной инструмент, укрепленный на штативе, перебрасывать друг другу шпильки, инструмент и вешки. Их нужно передавать из рук в руки.



При работе с оптическими приборами нельзя наводить окуляр на солнце. В необходимых случаях при наблюдении Солнца нужно обязательно надеть на окуляр прибора светофильтр (темное стекло).

Запрещается купаться в одиночку и нырять в неизвестных водоемах. Купание можно проводить только организованно под руководством ответственного лица.

### ***Техника безопасности при работе на воде***

В составе гидрометрических работ наиболее опасными являются наблюдения, выполняемые с использованием гидрометрических мостиков и плавательных средств. Для обеспечения безопасности работ наряду с соблюдением общих правил ТБ необходимо выполнять некоторые особые технические требования по эксплуатации постового оборудования и плавсредств.

К работам на воде допускаются лица, умеющие плавать, грести, управлять лодкой, знающие правила спасения на воде и оказания первой помощи утопающему.

Гидрометрические мостики перед началом работ необходимо тщательно осматривать и при обнаружении неисправностей немедленно докладывать руководителю работ с последующим исправлением повреждений. Испытание на прочность мостиков осуществляется пробной загрузкой середины каждого из пролетов грузом вдвое большим, чем возможный во время работы. После испытания перед входом на мостик вывешивается трафарет с допустимой нагрузкой (кг, чел.).

Не допускается перегрузка мостиков, а также их использование для общего пешеходного сообщения!

Все плавучие средства в рабочем состоянии должны иметь исправный корпус, полный комплект для плавания (весла, якоря, багры и пр.), достаточное количество водоотливных средств (ковши, ведра), ремонтные материалы для временной заделки пробоин и трещин, необходимые спасательные средства и аптечку для оказания первой помощи.

Все маломерные суда, используемые для производства гидрологических работ, должны регистрироваться и проходить ежегодное техническое освидетельствование на годность к плаванию в навигационно-технических инспекциях ГИМС и ОСВОД России.

### ***Посадка в лодку и ее загрузка***

Одним из необходимых условий безопасности при пользовании лодкой является ее правильная загрузка, которая, помимо соблюдения установленной грузоподъемности, достигается соответствующим распределением груза по ее длине.

Грузоподъемность лодки определяется путем загрузки ее с таким расчетом, чтобы сухой борт в любом месте возвышался над водой в тихую погоду не менее чем на 20 см.

После испытания на корме лодки масляной краской указывается ее грузоподъемность (кг, чел). Перегрузка лодки запрещается!

Груз в лодке необходимо размещать как можно ниже и ближе к ее середине. Не следует загружать лишние предметы, мешающие производству работ.

Вход в лодку и выход из нее разрешается только по одному человеку. Не разрешается прыгать в лодку (или выпрыгивать из нее) или бросать в нее грузы, а также становиться на ее борт.

При пользовании небольшими лодками надо заранее предусмотреть размещение людей и приборов таким образом, чтобы избежать их перемещения во время работы.

### ***Работа на воде***

Наиболее опасными видами работ на воде являются измерения расходов воды и взвешенных наносов, отбор проб воды, промеры глубин. Опасность усугубляется, если эти виды работ производятся на судоходных реках.

Категорически запрещается движение и производство работ на лодках при ветре свыше 5 м/с или волнении более 3 баллов. Если сильный ветер и

волнение начались во время производства работ, то следует немедленно прекратить работу и идти к берегу, причем лодку надо держать против волны, а не параллельно ее гребню, чтобы удар волны не мог захлестнуть или опрокинуть судно.

Промеры глубин рек разрешается производить: при скорости течения до 1,5 м/с – с гребных лодок и катеров; от 1,5 до 2,5 м/с – с лодок и понтонов, передвигаемых по тросу, а также с катеров; при скорости течения более 2,5 м/с – только с катеров соответствующей мощности.

Натягивание троса через реку для производства гидрометрических работ допускается только с разрешения организаций, выполняющих функции надзора за судоходством на этой реке. Трос, натянутый через реку, должен быть огражден сигналами. Необходимо предусмотреть возможность быстрого спуска троса для безопасного пропуска судов.

При работе с тросом лодка должна передвигаться не рукой, а петлей или крючком.

В соответствии с общими требованиями техники безопасности при работе на плавсредствах запрещается:

- а) подходить к кораблям, пересекать их курс или следовать рядом;
- б) подходить к плавучим знакам судоходной обстановки и навигационного оборудования и швартоваться за них;
- в) купаться с судна или лежать в судне, оставляя без наблюдения окружающую акваторию;
- г) пересаживаться из одной лодки в другую и передвигаться по лодке вообще;
- д) удаляться на лодке за пределы района работы без разрешения руководителя работ.

В случае опрокидывания лодки все участники работ должны твердо усвоить следующие правила поведения:

- а) не бросать опрокинувшуюся лодку, а, держась за нее, вместе с ней плыть к берегу;

- б) освободиться от всех лишних предметов и одежды;
- в) если с берега организуется помощь, то, держась за лодку, стараться сберечь силы и держаться на плаву;
- г) влезать в подошедшую лодку можно только с кормы, чтобы не опрокинуть ее.

#### **1.4.2 Способы оказания экстренной помощи пострадавшим**

Работник, получивший любое, даже самое незначительное повреждение в период полевых работ, должен немедленно сообщить об этом руководителю работ.

При несчастных случаях необходимо срочно принять меры к оказанию на месте первой медицинской помощи пострадавшему и к скорейшей отправке его в ближайший медицинский пункт.

Методами оказания первой помощи должен владеть каждый человек. При гидрометеорологических наблюдениях это важно, потому что большинство работ проводится на значительном удалении от медицинских учреждений.

При оказании первой помощи следует соблюдать определенную очередность действий:

- а) устраняют воздействие на пострадавшего опасных и вредных производственных факторов, вызвавших несчастный случай (освобождают от действия электрического тока, выносят из воды, гасят горящую одежду и т.п.);
- б) выполняют мероприятия по спасению пострадавшего в следующем порядке (если это необходимо): восстанавливают проходимость дыхательных путей, проводят искусственное дыхание, наружный массаж сердца, остановку кровотечения, накладывают повязку, шину и т.п.;
- в) вызывают скорую медицинскую помощь, врача или организуют доставку пострадавшего в лечебные учреждения;

г) поддерживают жизненные функции пострадавшего по пути следования в лечебное учреждение или до прибытия врача.

### ***Помощь при тепловом и солнечном ударах***

Тепловой и солнечный удары обусловлены перегревом организма в результате воздействия высокой температуры и солнечной радиации.

Признаки теплового и солнечного ударов: усталость, головная боль, слабость, шум в ушах, одышка, высокая температура тела (до 41°), потеря сознания, в тяжелых случаях судороги, бред, паралич дыхания, остановка сердца.

Пострадавшего необходимо немедленно перенести в прохладное место, тень, снять одежду и уложить, приподняв голову; охладить голову и область сердца холодными компрессами или прохладной, а затем более холодной водой, обильно напоить холодными напитками, дать понюхать нашатырный спирт и выпить 15 – 20 капель настойки валерианы на треть стакана воды.

При нарушении дыхания, остановке сердца следует немедленно приступить к реанимации: провести искусственное дыхание, наружный массаж сердца.

Наиболее эффективный способ искусственного дыхания – «изо рта в рот». При этом оказывающий помощь через марлю (платок) производит глубокое резкое вдувание воздуха пострадавшему в рот, зажав свободной рукой его нос и наблюдая за тем, чтобы при этом поднялась передняя стенка грудной клетки. После этого рот пострадавшего освобождают для выпуска воздуха, затем повторяют вдувание с периодичностью 12 – 14 циклов в минуту.

Если не удастся открыть рот пострадавшему, вдувание проводят через нос по способу «изо рта в нос», закрывая при вдувании рот пострадавшего ладонью.

При остановке сердца одновременно с искусственным дыханием проводят наружный массаж сердца. Оказывающий помощь становится сбоку от пострадавшего, накладывает ладони рук на нижнюю часть грудины и, опира-

ясь на них тяжестью своего тела, ритмично (1 раз в секунду) резко прогибает грудную клетку на 4 – 5 см. Вдувание воздуха следует проводить после каждых 5 надавливаний на грудину.

После восстановления работы сердца и возобновления самостоятельного дыхания пострадавшего срочно доставляют в ближайшую больницу.

### ***Помощь при ранениях***

Раны могут быть колотые, резаные, давленные и ушибленные.

Кровотечение останавливают наложением давящей повязки. При капиллярном кровотечении поверх раны накладывают комок ваты и бинтуют, при венозном и артериальном – выше раны накладывают жгуты или закрутки из подручных материалов (веревка, галстук, резиновый жгут и т.п.). Нельзя держать жгут более чем 1,5 – 2 часа, иначе может произойти омертвление ткани. После остановки кровотечения рану закрывают стерильной повязкой и доставляют пострадавшего в медпункт.

### ***Помощь при переломах костей и ушибах***

Переломы костей могут быть закрытыми (при неповрежденной коже) и открытыми (с повреждением кожи).

Первая помощь при переломах сводится к созданию неподвижности костей в области перелома. Сломанную конечность обертывают какой-либо тканью, одеждой и к ней бинтом, ремнем, веревкой привязывают шину, фиксируя не менее двух суставов: выше и ниже перелома.

При открытых переломах перед наложением шины останавливают кровотечение и накладывают антисептическую повязку.

При переломах ребер грудь во время выдоха туго забинтовывают.

При ушибах следует смазать область ушиба настойкой йода и наложить давящую повязку.

## ***Первая помощь утопающему***

При спасении утопающего следует помнить, что он находится в состоянии крайнего испуга и бессознательно старается ухватиться за спасающего, чем представляет для последнего серьезную опасность, поэтому к тонущему необходимо подплывать сзади, защищаясь от его захватов.

Если у извлеченного из воды отсутствует дыхание, следует открыть и очистить ему рот и положить пострадавшего лицом вниз на свое колено так, чтобы голова и плечи его были опущены. Затем ритмично (1 раз в 1 – 2 сек.) надавливают на спину пострадавшего до полного удаления воды из легких и желудка. После этого пострадавшего укладывают на спину и делают искусственное дыхание и наружный массаж сердца до появления самостоятельного дыхания.

Во всех случаях после оказания первой помощи необходимо срочно доставить пострадавшего в медицинское учреждение.

### **1.5 Правила обращения с приборами и уход за ними**

Ответственность за сохранность приборов, инструментов и плавательных средств несет бригадир, поэтому при получении он обязан проверить их исправность и внести инвентарные и заводские номера в производственный дневник.

В случае порчи или утери инструмента виновные обязаны отремонтировать его или купить новый за свой счет.

При работе с геодезическими инструментами необходимо соблюдать следующие правила:

- хранить и переносить инструменты только в ящиках и в положениях, нормальных для их хранения;
- укладывать приборы в упаковочные ящики или футляры без особых усилий;
- поставив прибор на штатив, сразу же закрепить его станковым винтом;

- не затягивать чрезмерно становые и зажимные винты и барашки на ножках штатива;
- при переносе инструмента на штативе надо удерживать его в вертикальном положении, прислонив к плечу;
- окончательную наводку (при визировании) выполнять завинчиванием микрометрических винтов, вращая их вправо;
- в случае отказа в работе какого-либо из них следует отпустить соответствующий закрепительный винт, а микрометрический винт установить в среднее положение;
- нивелирные рейки недопустимо опускать в воду и оставлять на солнце.

Гидрометрические вертушки хранятся в сухом помещении, надежно закрепленными в упаковочных ящиках. Перед началом работы проверяется электрическая сигнализация, тросы и только после этого вертушка включается в цепь.

При работе с гидрометрической вертушкой необходимо оберегать лопастные винты от ударов, не допускать вращения лопасти под действием ветра.

По окончании измерений вертушку отключают от электропитания, протирают сухой тряпкой и укладывают в ящик. В помещении вертушку разбирают (над клеенкой или ящиком), промывают в керосине и просушивают. В полость лопастного винта заливают трансформаторное масло, после чего вертушку собирают и укладывают в ящик.

При обнаружении повреждений вертушку отправляют в ремонт с последующей ее тарировкой (градуировкой).

## **1.6 Поверки приборов**

В соответствии с ПР 50.2.006-94 «Порядок проведения поверки средств измерений» все приборы, используемые в гидрометеорологических изысканиях, подвергаются первичной, периодической и инспекционной поверкам.



По решению Госстандарта России право поверки предоставлено аккредитованным метеорологическим службам.

Перед началом полевых работ необходимо проверить исправность и комплектность гидрометрических, метеорологических и геодезических инструментов, плавательных и спасательных средств, выполнить поверки приборов.

В случае обнаружения неисправности прибора, ее устраняют в сервисном центре с последующей поверкой в аккредитованных учреждениях.

### **1.6.1 Поверки геодезических приборов**

При осмотре геодезических приборов выявляют: состояние упаковки, наличие и исправность всех частей инструмента (подъемных, закрепительных, микрометренных, юстировочных винтов, уровней, сетки нитей и т.п.). После осмотра и заключения о пригодности прибора к работе производят его поверки.

#### ***Поверки теодолитов***

Теодолит приводят в рабочее положение, центрируя по отвесу над заданной точкой (кольшком), после чего проводят следующие основные поверки.

#### ***Поверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня на алидаде и горизонтального круга оси вращения инструмента***

Для производства поверки уровень устанавливают параллельно двум подъемным винтам и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня в нуль-пункт (на середину). Затем алидаду поворачивают на  $180^\circ$ . Если пузырек остался на середине уровня, то условие выполнено. Если сместился, то, действуя исправительными винтами уровня, перемещают его к нуль-пункту на половину дуги отклонения; вращая подъемные винты, приводят пузырек уровня на середину. Для контроля все вышеуказанные действия повторяют. После этого поворачивают алидаду на  $90^\circ$  и, действуя третьим подъемным

винтом, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Можно считать, что основная ось прибора – ось вращения теодолита приведена в отвесное положение.

### ***Проверка перпендикулярности визирной оси трубы и горизонтальной оси ее вращения***

Несоблюдение этого условия вызывает коллимационную ошибку. Наличие ошибки определяют в два приема. Приводят ось вращения теодолита в отвесное положение, визируют на одну и ту же точку при  $KL$  и  $KП$  и получают по горизонтальному кругу разность отсчетов  $KL_1 - KП_1$ . Затем, повернув лимб примерно на  $180^\circ$  и закрепив его, вновь наводят трубу на тот же предмет, берут отсчеты  $KL_2$  и  $KП_2$ , и вычисляют коллимационную ошибку  $C$ :

$$C = \frac{(KL_1 - KП_1 \pm 180^\circ) + (KL_2 - KП_2 \pm 180^\circ)}{4}; \quad (1)$$

Для исправления ошибки на горизонтальном круге устанавливают отсчет  $KП$ , определяемый по формуле:

$$KП = KП_2 - C; \quad (2)$$

Сняв колпачок, закрывающий юстировочные винты сетки нитей, и ослабив вертикальные исправительные винты, боковыми винтами перемещают вертикальную нить до совмещения с точкой и закрепляют винты. Проверку повторяют несколькими приближениями, добиваясь выполнения условия, чтобы ошибка не превышала  $2''$ .

### ***Проверки правильности установки сетки нитей***

Вертикальная нить сетки нитей должна находиться в вертикальной плоскости. Для проверки теодолит закрепляют на штативе и приводят вертикальную ось инструмента по выверенному уровню в отвесное положение. На расстоянии 8 – 10 м от инструмента подвешивают отвес. Если вертикальная нить сетки не совпадает с изображением отвеса в трубе, то снимают колпачок, слегка ослабляют все винты, крепящие окулярную часть к корпусу тру-

бы, и поворачивают окулярную часть с сеткой до выполнения условия. Закрепляют винты и надевают колпачок.

После проверки горизонтальная сеть должна лежать на горизонтальной плоскости. Если навести зрительную трубу на четко видимую точку на местности так, чтобы она оказалась на краю средней горизонтальной нити, то при плавном повороте алидады с помощью микрометрического винта точка не должна «сходить с нити». В противном случае проверку повторяют. При необходимости получения горизонтальных проекций измеряют углы наклона линий. В этом случае необходимо перед началом работ выполнить проверку вертикального круга и определить место нуля МО. При углах наклона  $< 2^\circ$  их в учет не принимают.

### ***Проверки нивелиров***

#### ***Проверка параллельности оси круглого уровня и оси вращения инструмента***

Установив пузырек уровня на середину подъемными винтами, поворачивают трубу на  $180^\circ$ . Если пузырек останется на середине, то условие выполнено. В противном случае при помощи исправительных винтов перемещают пузырек к середине на половину его отклонения.

#### ***Проверка параллельности визирной оси трубы и оси цилиндрического уровня***

Проверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии. На площадке намечают линию АВ длиной 50 – 70 м и закрепляют ее кольями (рис. 1, а), точно посередине линии АВ в точке С устанавливают нивелир и приводят пузырек уровня в ноль-пункт. Если визирная ось не горизонтальна, то отсчеты на рейках А и В будут с одинаковой ошибкой  $x$ . Превышение  $h_1$  определяют по формуле:

$$h_1 = a_1 - b_1, \text{ м} \quad (3)$$

где  $a_1$  и  $b_1$  – отсчеты по рейкам.

Затем, установив нивелир в точке А (или В) и приведя его в рабочее положение, осуществляют нивелирование способом «вперед» (рис. 1 б). С помощью рулетки измеряют высоту инструмента  $H_u$  и снимают отсчет  $b_2$ . Далее определяют превышение  $h_2$  как разность высоты инструмента и отсчета по рейке  $b_2$ :

$$h_2 = H_u - b_2, \text{ м} \quad (4)$$

Если значения превышений  $h_1$  и  $h_2$  равны или отличаются не более чем на 3 – 5 мм, условие выполнено.

В противном случае отсчет  $b_0$ , который должен быть при горизонтальной визирной оси трубы, вычисляют по формуле:

$$b_0 = H_u - h_1 \quad (5)$$

Вращая элевационный винт нивелира, устанавливают центр сетки нитей на правильный отсчет  $b_0$ , но при этом нарушается контакт концов пузырька уровня. Действуя вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня, устанавливают концы пузырьков в контакт. Для контроля действия повторяют.

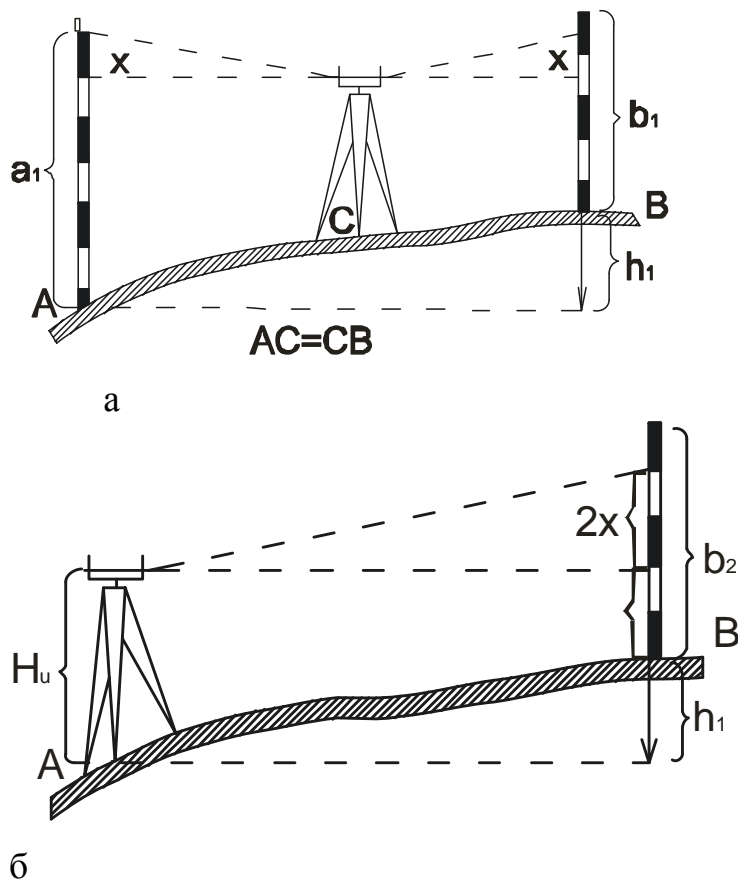


Рис. 1. Проверка параллельности визирной оси трубы оси цилиндрического уровня: а – нивелирование способом «из середины»; б – нивелирование способом «вперед»

При невозможности проведения нивелирования вышеуказанным способом для снижения погрешности стремятся к «равенству плеч» при установке прибора, т.е. к равенству расстояний от прибора до обеих реек.

Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня к оси вращения нивелира и проверка правильности установки сетки нитей выполняется также, как и у теодолита.

### ***Проверка места нуля вертикального круга***

Место нуля (МО) вертикального круга должно быть равно  $90^\circ$ .

МО определяют визированием на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга. При этом следует иметь в виду, что визирной линией трубы кипрегеля является линия, соединяющая центр объектива с точкой пересечения начальной кривой и вертикальной грани посеребренной Г-образной пластинки, видимой в поле зрения трубы.

Место нуля и угол наклона  $\alpha$  – вычисляют по формулам

$$MO = \frac{KP + KL \pm 180^\circ}{2}; \quad (6)$$

$$\alpha = MO - KL = KP - MO - 180^\circ; \quad (7)$$

Если МО оказалось не равным  $90^\circ$ , то при *KL* пузырек уровня приводят в нуль-пункт и вращением трубы устанавливают отсчет, равный месту нуля. Затем, действуя микрометрическим винтом уровня, правую грань Г-образной пластинки совмещают с отсчетом  $90^\circ$ , а исправительными винтами уровня приводят пузырек его в нуль-пункт.

## **1.7 Общие указания по ведению полевых документов и проведению камеральных работ**

В полевой документации нельзя делать подчистки, исправления, писать цифры по цифрам. Если результаты измерений записаны неверно, их акку-

ратно по линейке зачеркивают и запись повторяют выше зачеркнутой. Нельзя вести записи в черновиках, а потом их переписывать. Записи в журналах ведут простым карандашом, четким почерком, не допуская трудно читаемых букв и цифр.

Камеральная обработка выполняется в соответствующих типовых журналах и (или) на листах формата А4. План участка реки составляется на листах бумаги формата А1, поперечные профили – на листах масштабной координатной чертежной бумаги (миллиметровки) формата А4, а продольные – на листах масштабной координатной чертежной бумаги (миллиметровки) произвольного формата. Для надписей на чертежах применяется нормальный шрифт. Точность вычислений и округлений должна соответствовать точности проведенных измерений (табл. 2).

Обработку полевых материалов проводят сразу после завершения работ, чтобы в случае необходимости внести соответствующие коррективы или провести дополнительные наблюдения.

Бригадир распределяет виды камеральных работ и назначает ответственных за расчет и их оформление. После выполнения и оформления порученной работы ответственные лица ставят свои подписи и дату.

Полевые журналы и чертежи целесообразно давать на подпись руководителю по мере их оформления в период полевых работ.

Таблица 2 – Точность вычислений и округлений отдельных гидрологических характеристик

Наименование характеристик	Степень точности
Уровень над нулем графика $H$ , см	1
Абсолютные (относительные) отметки (высоты) $H$ , м	0,01
Глубина $h$ , м	0,01 при $h < 5,0$ м 0,1 при $h > 5,0$ м
Ширина $B$ , м	0,1 при $B = < 10$ м 0,5 при $B = 10...100$ м 1 при $B > 100$ м
Уклон $i$	0,0001
Гидравлический радиус $R$ , м	0,01
Площадь водного сечения $\omega$ , м <sup>2</sup>	0,01
Время $t$ , с	1
Скорость течения воды $v$ , м/с	0,01

Расход воды $Q$ , $м^3/с$	0,01
Температура воздуха, воды $t$ , $°C$	0,1
Слой осадков $x$ , $мм$	0,1
Скорость ветра $U$ , $м/с$	0,1
Барометрическое давление $P$ , $Па$	50 (0,5 мб)
Относительная влажность воздуха $r$ , %	0,1
Слой испарения $E$ , $мм$	0,1

## 1.8 Составление и оформление отчета

Отчет по выполненным изысканиям составляется бригадой и является заключительным этапом практики. Он включает все материалы как полевых, так и камеральных работ.

Составление отчета, независимо от последовательности полевых работ, рекомендуется производить в порядке, приведенном в методических указаниях. Материалам отчета по каждому виду работ должна предшествовать краткая пояснительная записка, в которой необходимо отразить способы и методы выполнения работ, применяемые инструменты, методы вычислений при камеральной обработке.

В конце пояснительной записки указывают литературу, использованную в период полевых работ и при подготовке отчета.

Графические приложения и таблицы, фотоматериалы размещают по ходу изложения пояснительной записки отчета. Все материалы должны быть тщательно и аккуратно оформлены. Рекомендуется помещать фотографии, характеризующие полевые работы. Текст должен быть четко и грамотно вписан при обязательном соблюдении всех требований стандартов. Титульный лист оформляют по приведенному образцу (приложение 1).

Отчет сдается руководителю работ и хранится в архиве организации.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Гидрологические наблюдения за режимом рек, озер, болот, водохранилищ, каналов проводятся на гидрологических станциях и постах.

Гидрологический пост – это пункт на водном объекте, устроенный с соблюдением определенных требований и оборудованный для проведения систематических гидрометеорологических наблюдений. В состав гидрологических постов входят водомерные посты – устройства (установки) для измерения уровня воды в водотоке или водоеме.

Речные гидрологические посты бывают I, II, III разрядов.

Состав и сроки наблюдений, выполняемых гидрологическими постами, зависят от разряда поста.

Посты I разряда ведут наблюдения за уровнем и температурой воды, ледовым режимом, осуществляют измерение расходов воды и наносов, отбор проб воды на мутность и химический состав и производят метеорологические наблюдения по программе метеорологических постов I разряда.

Посты II разряда проводят те же работы, за исключением измерения расходов воды и наносов.

Посты III разряда выполняют наблюдения только за уровнем, температурой воды и ледовой обстановкой.

При организации учебного гидрологического поста и проведения гидрологической практики следует в состав работ включать все виды наблюдений, предусмотренных для постов I разряда.

В дополнение к учебной полевой практике целесообразно организовать экскурсию на государственный гидрологический пост (станцию) I разряда или на пост II – III разряда, а также на государственную метеорологическую станцию (ГМС).



## **2.1 Требования к участку реки и состав работ по организации гидрологического поста**

При выборе участка водного объекта для устройства поста следует стремиться к тому, чтобы это место, с одной стороны, было характерным для данного объекта, а с другой – удобным для проведения наблюдений и могло обеспечивать необходимую точность измерений гидрологических характеристик.

Русло должно быть устойчивым к размыву и заилению и не зарастать растительностью, а берега – средней крутизны ( $\approx 20^\circ$ ). Вблизи поста не должно быть притоков и гидротехнических сооружений, которые могут оказать влияние на уровенный режим.

Участок должен быть доступен и удобен для производства измерений, ремонта оборудования, приспособлений и обеспечения безопасности работ.

В состав работ при устройстве поста входят: рекогносцировочное обследование участка водного объекта; топографические и промерные работы; устройство, оборудование и нивелировка поста.

## **2.2 Рекогносцировочное обследование участка водного объекта**

### **2.2.1 Полевые исследования**

Рекогносцировочное обследование проводится с целью выбора места расположения гидрологического поста. В процессе рекогносцировки проводят также гидрографическое описание водного объекта, оценку состояния водоохраной зоны (ВЗ) и прибрежной защитной полосы (ПЗП).

Следует указать, в какой степени заросло русло и какие преобладают растения.

Высоту пойм, террас и коренных берегов определяют с помощью эклиметра. Для этого визируют горизонтальную линию от глаз наблюдателя до пересечения со склоном, что достигается путем совмещения визира с ну-

левым делением диска эклиметра. Точку пересечения горизонтальной линии со склоном фиксируют, к ней переходит наблюдатель с эклиметром и снова находит точку пересечения горизонтальной линии со склоном и т.д. Высоту склона определяют, умножив расстояние от земли до глаз наблюдателя  $h$  на количество стоянок от подошвы до бровки склона. Если превышение оказывается меньше  $h$ , то на бровку устанавливают рейку, по которой фиксируют положение горизонтали, по рейке определяют превышение горизонтали над землей, которое вычитают из  $h$ .

Крутизну склонов также определяют эклиметром. Для этого наблюдатель, стоя у подошвы коренного берега, наводит визир эклиметра на точку, расположенную над бровкой на такой же высоте от земли, как и эклиметр.

Ширину поймы, террас, ВЗ и ПЗП определяют рулеткой или шагами, при большой ширине (более 100 м) – по дальномеру, если его нет – глазомерно.

При описании растительности поймы, террас и склона указывают лишь тип растительного покрова: лес, луг, пашня и т.п.

На участках между точками фиксируют и описывают следующие явления в русле и долине:

- притоки реки, родники;
- острова (размеры, высота над уровнем воды, растительность);
- отмели, косы, пляжи;
- озера и болота (тип, размеры, удаленность от русла реки, глубина, грунт, растительность);
- оползни и обнажения на коренном склоне, на уступах террас и поймы;
- засоренность русла карчами, бревнами, ветками;
- степень зарастания русла по ширине реки;
- мосты, водозаборные насосные станции и гидротехнические сооружения.

В процессе маршрутного обследования обстановка в водоохраной зоне и прибрежной защитной полосе фиксируется в эскизном виде в журнале.

Согласно ст. 65 Водного кодекса, в водоохранные зоны включаются территории, примыкающие к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ, и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных и биологических ресурсов.

В границах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности.

Ширина ВЗ и ПЗП устанавливается от соответствующей береговой линии. При наличии ливневой канализации и набережных границы ПЗП совпадают с парапетами набережных, ширина ВЗ при этом устанавливается от парапета набережной. Ширина ВЗ рек и ручьев устанавливается в зависимости от их протяженности от истока (таблица 3).

Таблица 3 – **Ширина водоохранных зон рек**

Длина реки, км	Ширина ВЗ, м
< 10	50
10 – 50	100
> 50	200

Для рек и ручьев протяженностью менее 10 км от истока до устья ВЗ совпадает с ПЗП. Радиус ВЗ для истоков рек и ручьев равен 50 м.

Ширина ВЗ озер и водохранилищ с акваторией более 0,5 км<sup>2</sup> определена в пределах 50 м. Водоохранные зоны магистральных и межхозяйственных каналов совпадают по ширине с их полосами отводов.

Ширина ПЗП рек устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта (таблица 4).

Таблица 4 – **Ширина прибрежных защитных полос рек**

Уклон берега, град.	Ширина ПЗП, м
0 или обратный уклон	30
< 3	40
3 и более	50

В границах водоохранных зон запрещается использование сточных вод для удобрения почв, размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ, применение авиационных мер по борьбе с вредителями и болезнями растений, движение транспортных средств, за исключением их движения и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.

В границах прибрежных защитных полос помимо этого запрещаются распашка земель, размещение отвалов размываемых грунтов, выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей.

В процессе рекогносцировки фиксируются все имеющие место нарушения в ВЗ и ПЗП с указанием местоположения и детальным описанием самого нарушения.

### **2.2.2 Камеральная обработка**

На основании рекогносцировочного обследования должны быть составлены обобщенное описание и план участка водного объекта в масштабах М1:2000, М 1:5000 на листе формата А1 (ватмана). В описании указывают информацию о том, к бассейну какого моря относится описываемая река, притоком какой реки она является, длину и площадь бассейна, в какой части реки расположен описываемый участок (верхнее, среднее или нижнее течение), состояние реки в период обследования (межень, подъем или спад паводка и т.п.).

На план наносят водоток, притоки, ландшафтные характеристики (угол дна, растительность, состояние берегов и т.п.), ширину реки и максимальные поверхностные скорости и расходы в точках, где они измерялись. Синим цветом на плане выделяют границы водоохраной зоны, красным – границы

прибрежной защитной полосы. В большинстве случаев также указывают общую площадь ВЗ и ПЗП, вычисленную с помощью палетки или планиметра.

После анализа полученного материала рекогносцировки намечают и выделяют на плане место проектируемого гидрологического поста, отвечающее всем требованиям, предъявляемым к участку реки.

### 3. УСТРОЙСТВО ВОДОМЕРНОГО ПОСТА И НАБЛЮДЕНИЯ ЗА УРОВНЕМ ВОДЫ

Водомерные наблюдения проводятся с целью изучения колебаний уровня воды во времени и установления зависимости  $H = f(t)$ .

Уровень воды является важным элементом гидрологического режима водных объектов, с которым связаны и другие характеристики: глубина и ширина реки, площадь водного сечения, скорости течения, расходы и т.д. Сведения об уровнях широко используются при проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, для целей судоходства и лесосплава, вычисления стока воды с помощью кривой расходов  $Q = f(H)$ , поскольку между количеством протекающей воды и уровнем в большинстве случаев существует однозначная зависимость.

Уровнем воды называется высота поверхности воды, отсчитываемая относительно постоянной горизонтальной плоскости сравнения, называемой нулем графика поста.

Гидрологический пост, оборудованный водомерными устройствами, позволяющими систематически измерять высоту уровня воды, называется водомерным постом. Каждый водомерный пост состоит из установок для непосредственных измерений высоты уровня (рейки, сваи, самопишущие приборы) и постоянных высотных знаков – реперов, служащих для определения высотного положения уровня водомерных устройств.

На гидрологической практике обучающиеся должны в соответствии с существующей классификацией водомерных постов выбрать тип поста, оборудовать его, провести на нем наблюдения и выполнить первичную обработку полученных материалов. Эту работу следует выполнять в таком порядке:

- 1 изучить материалы топографических работ участка реки под гидрологический пост;
- 2 с учетом рельефа, наличия необходимых приборов и материалов выбрать тип и конструкцию водомерного поста;
- 3 составить проект водомерного поста;

- 4 вынести проект в натуру;
- 5 провести контрольное нивелирование и составить продольный профиль поста;
- 6 выполнить систематические водомерные и метеорологические наблюдения;
- 7 провести первичную обработку полученных материалов и подготовить раздел отчета.

### **3.1 Типы водомерных постов**

По конструкции водомерных устройств различают:

- простые посты, на которых высота уровня воды измеряется непосредственно водомерной рейкой;
- передаточные посты с неавтоматическим и автоматическим отметчиком уровня;
- самопишущие посты с непрерывной регистрацией уровня;
- дистанционные посты, регистрирующие уровень непрерывно или дискретно и передающие информацию на какое-то расстояние.

По сроку действия водомерные посты подразделяются на постоянные и временные.

Исходя из того, что в условиях практики зачастую оборудуются временные посты, программой практики следует предусматривать устройство и наблюдения, как на простых водомерных постах, так и на государственных гидрологических постах.

Широкое распространение простые посты нашли вследствие сложности устройства и невысокой стоимости. В зависимости от оборудования для наблюдений они подразделяются на речные, свайные и смешанные (речно-свайные).

Речные посты в конструктивном отношении могут быть устроены с вертикальной или наклонной рейкой. Посты с вертикальной рейкой оборудуются на участках рек с крутыми берегами и небольшой (до 2 – 3 м) ампли-

тудой колебаний уровня. Крепятся на гидротехнические сооружения или специально забитые сваи. Посты с наклонной рейкой устраиваются обычно на укрепленных участках: набережных, плотинах и т.п. Установка их сложнее и потому они встречаются реже.

Свайные водомерные посты оборудуются на участках рек с пологими берегами и значительной амплитудой колебаний уровня, где создание речного поста нецелесообразно.

Смешанные (речно-свайные) посты устраивают на участках рек, имеющих резкие переломы берегов реки: на крутой части устанавливается рейка, на пологой – сваи.

Программой учебной практики целесообразно предусматривать оборудование и производство наблюдений на свайном, как наиболее простом и универсальном, и самопишущем постах, увязывая результаты наблюдений за уровнем режимом на них.

### **3.2 Составление проекта и вынос его в натуру**

Устройство и оборудование поста производятся на основе проекта, составленного по результатам предшествующих полевых работ.

Свайный пост состоит из нескольких свай, установленных в одном створе, перпендикулярном течению реки. Количество свай и их расположение зависит от угла наклона берегового откоса и амплитуды колебаний уровня воды.

Для определения высотных отметок постовых устройств (для свайного поста – головок свай), от которых производится отсчет уровня воды, и для последующих проверок их высотного положения на каждом водомерном посту устанавливаются два репера – основной и контрольный.

Основной репер служит для проверок высоты контрольного репера. Устанавливается он в месте, гарантирующем его сохранность.



Контрольный репер устанавливается в створе поста недалеко от постовых устройств и служит для систематических проверок отметок головок свай.

При проектировании на плане необходимо наметить створ будущего водомерного поста. Затем пронивелировать часть дна реки и берег по створу и на построенном по этим данным профиле наметить места для реперов и свай с соблюдением следующих правил:

- контрольный репер размещается выше возможной границы затопления;
- основной репер может быть установлен в стороне от водомерного поста и может быть потайным.
- головка верхней сваи должна быть на 0,5 м выше наивысшего уровня воды, а головка нижней сваи – на 0,5 м ниже низшего уровня<sup>1</sup>;
- превышение одной сваи над другой должно быть не более 0,7 – 0,8 м, а расстояние между ними (для удобства наблюдений) не более 2 м;
- превышение головок свай над поверхностью земли не более 0,10 – 0,15 м.

После составления проекта водомерного поста приступают к выносу его в натуру.

При выполнении работ в первую очередь закладываются реперы. Сваи могут быть деревянными и металлическими. В производственных условиях в последнее время свайные посты оборудуют стандартными металлическими винтовыми сваями длиной 220 см и диаметром 8 см. Способы их установки в зависимости от характера грунта и типа свай могут быть разными: они забиваются, закапываются или завинчиваются. При установке необходимо следить за тем, чтобы сваи располагались вертикально в запроектированных местах и в створе. Для выполнения последнего условия перед установкой по линии створа натягивают шнур. Головки свай окрашивают белой масляной краской, и на них с двух сторон черной краской надписывают номера свай.

---

<sup>1</sup> Высший уровень можно установить по следам, оставленным рекой при разливе, а при наличии ГТС, мостов, строений – по меткам на них. Нижний уровень намечается после опроса местных жителей; при необходимости (при значительном падении уровней) в период практики количество свай увеличивается с обязательной высотной привязкой новых свай.

Нумерация ведется по порядку сверху вниз от ближайшей к реперу сваи, которая получает первый номер. На головках свай фиксируют точки, куда устанавливается переносная рейка. Такой точкой у деревянных свай может служить шляпка большого гвоздя, забиваемого в головку сваи.

### 3.3 Нивелирование водомерного поста и его открытие

Нивелирование проводится по IV классу точности от основного репера через контрольный двойным ходом (в прямом и обратном направлении). Невязка в превышениях по прямому и обратному ходу должна быть не более  $\pm \sqrt{n}$  мм, где  $n$  – число стоянок инструмента за один ход.

Кроме отметок свай нивелированием определяется высота рабочего уровня в створе поста по колу, забиваемому вровень с водой, а также метки высоких вод.

Одновременно с высотной привязкой свай определяют отметку столика, на котором установлен самописец уровней воды.

Результаты нивелировки записывают в нивелировочный журнал (табл. 10), где также вычерчивают схематический план нивелирного хода.

Номера станций записывают в графу 1, номера свай – в графу 2. Отсчеты на заднюю точку (репер) записывают в графу 3, на переднюю точку (свая 9) – в графу 4, а на промежуточные точки (сваи 1 – 8) – в графу 5.

Контроль нивелирования на станции состоит в том, чтобы расхождение в превышениях между задней и передней точками, вычисленных по черным и красным сторонам реек, было не более 5 мм. В нашем примере  $h_q = 62$  мм и  $h_k = 60$  мм (графа 6), т.е. расхождение в превышениях ( $62 - 60 = 2$  мм) допустимо. В этом случае вычисляют среднее арифметическое превышение и записывают его в графу 8, а вычисленную отметку передней точки:

$$(152,600 + 0,061 = 152,661) - \text{в графу 10.}$$

Отсчеты на промежуточные точки берут по двум сторонам реек (для контроля). Превышения между реперами и промежуточными точками определяют по черным и красным сторонам реек. Если расхождения допустимы,

то превышения усредняют и используют для вычисления отметок. Например, отметка сваи 1 равна:

$$152,600 - 0,348 = 152,252 \text{ м.}$$

Таблица 5 – Пример журнала нивелирования водомерного поста (р. Гусёлка)

№ станции	№ сваи	Отсчет по рейке, мм			Превышение, м		Среднее превышение, м		Абс. отметка
		задн.	передн.	промежут.	+	-	+	-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		0765 5449							152,600
1	1			1114 <u>5796</u> 4682		0,349 0,347		0,348	152,252
	2			1244 <u>5928</u> 4684		0,479 0,479		0,479	152,121
	3			1488 <u>6172</u> 4684		0,723 0,723		0,723	151,877
	4			1717 <u>6399</u> 4682		0,952 0,951		0,951	151,649
	5			1842 <u>6522</u> 4680		1,077 1,074		1,076	152,524
	6			2256 <u>6939</u> 4683		1,491 1,490		1,490	151,110
	7			2919 <u>7603</u> 4684		2,154 2,154		2,154	150,446
	8			1698 <u>6381</u> 4683		0,933 0,932		0,932	152,668
	9		0703 5389			0,062 0,060		0,061	152,661

На основании данных нивелирования составляется продольный профиль водомерного поста (рис. 4), по которому назначается отметка нуля графика. На чертеж сначала наносят сваи и контрольный репер. При этом следует помнить, что отметки свай относятся к их головке.

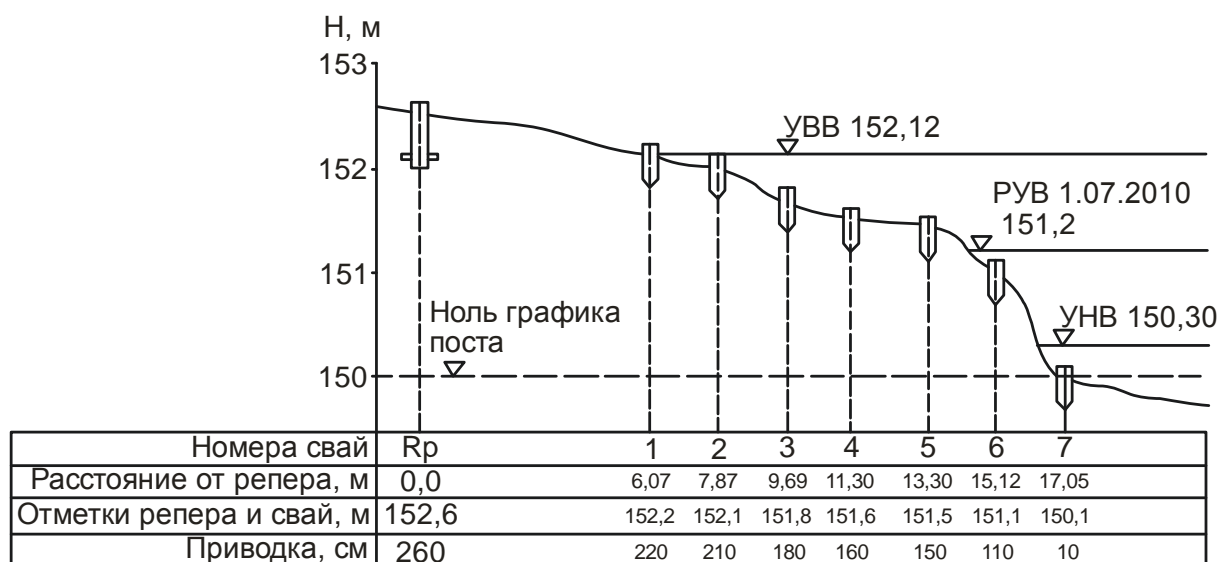


Рис. 4. Продольный профиль свайного водомерного поста

Линию поверхности земли вычерчивают приближенно. Данные, относящиеся к свае, вписывают точно под ней. На чертеже также показывают уровень воды во время нивелирования водомерного поста (РУВ), уровень высоких вод (УВВ) и уровень низких вод (УНВ).

При открытии поста составляется техническое дело, в котором содержится описание участка реки и постовых устройств, указывается состав, сроки и места наблюдений. К делу прилагается план участка реки, профиль створа, зарисовки, схемы. Для наблюдателя составляется инструкция.

### 3.4 Производство наблюдений на водомерном посту и обработка результатов

Высота уровня воды на водомерном посту измеряется от нулевого деления стационарной рейки или от головки сваи.

Плоскость, от которой производится отсчет уровня, называется *нулем наблюдений*. Таким образом, на речном посту нулем наблюдений служат нуль рейки, а на свайном – плоскость головки сваи. Чтобы можно было сопоставить уровни, измеренные по различным сваям (рейкам), и выяснить характер их колебаний за длительный период, все значения наблюдений высоты уровня приводятся к нулю графика поста.

*Нулем графика поста* называется условная горизонтальная плоскость, к которой, как к нулевой поверхности, приводятся отсчеты высоты уровня.

Высотное положение нуля графика устанавливается при устройстве водомерного поста в такой системе высот, которая принята для основного репера, и не должно изменяться в течение всего периода работы поста. Для приведения отсчетов высоты уровня к нулю графика нужно для всех нулей наблюдений вычислить приводки.

**Приводкой** называется превышение головки сваи или нуля рейки над нулем графика. Высота уровня воды над нулем графика равна сумме отсчета по рейке над нулем наблюдений и приводки.

В состав наблюдений на учебных водомерных постах входит измерение уровня (на свайном посту и с помощью самописцев уровня воды), температуры воды и воздуха. Наблюдения за силой ветра, его направлением и осадками при наличии метеорологической площадки проводятся инструментально, а при ее отсутствии - визуально.

Основные сроки наблюдений на государственных гидрологических постах – 8 и 20 часов по местному времени. В период практики студенты ведут наблюдения по учащенной программе (через 1 – 2 часа), что позволяет установить суточный ход изменения уровней воды, температуры воды и воздуха, ветрового режима, осадков, волнения и других характеристик, входящих в программу работ водомерного поста. Результаты наблюдений заносят в водомерную книжку КГ-1 (КГ-1М).

Уровень воды на свайных постах измеряют переносной водомерной рейкой, которую ставят на головку ближайшей к берегу затопленной сваи.

### **3.5 Обработка результатов водомерных наблюдений**

Камеральная обработка материалов водомерных наблюдений включает проверку записей в водомерной книжке, проверку и установление величин приводок для свай, приведение отсчетов по сваям к нулю графика, вычисление среднесуточных уровней, построение комплексного графика результатов гидрометрических наблюдений.

Средние суточные уровни по данным двух срочных наблюдений определяются как среднее арифметическое из двух значений. При долгосрочных наблюдениях через равные промежутки времени средний уровень вычисляется по формуле:

$$H = \frac{\left( \frac{H_0 + H_{24}}{2} \right) + H_1 + H_2 + \dots + H_{24-n}}{\frac{24}{n}}, \text{ м} \quad (16)$$

где  $H_0$  и  $H_{24}$  – уровни в 0 и 24 ч, м;  $H_1, H_2 \dots$  - значения уровней через принятые равные промежутки времени, исключая 0 и 24 ч, м;  $n$  – принятый интервал, ч.

Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений представляет собой графическое изображение хода элементов гидрологического режима за период практики. При построении графика по горизонтальной оси откладывается время, а по вертикальной (сверху вниз) – температура воздуха, осадки, температура, уровень, расход воды, мутность.

Комплексный график строится постепенно, в течение всей практики. Это позволяет своевременно выявить ошибки в наблюдениях и в обработке материалов, определить связанность всех гидрометеорологических элементов. Недостающие данные (расходы воды, мутность) бригады по согласованию с преподавателем могут позаимствовать друг у друга.

## **4. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ**

### **4.1 Методы определения расходов воды**

Расходом воды называется ее объем, протекающий через поперечное сечение потока в единицу времени. Расход воды определяет режим стока рек, так как с изменением количества протекающей воды, изменяются другие параметры потоков: высота уровня, скорости течения, глубины, продольный уклон. Сведения о стоке воды используются при составлении проектов его регулирования, водоснабжения, осушительных и оросительных мелиораций, строительства узлов ГТС и решении ряда других водохозяйственных проблем. В связи с этим определение расходов воды – одна из главных задач гидрологии.

Существуют три основных метода измерения расхода воды: «скорость-площадь»; гидравлический и смешения.

Метод «скорость-площадь» основан на измерении площади живого сечения и скорости течения. Площадь живого сечения определяют путем промеров глубин, а скорости течения измеряют различными приборами: гидрометрическими вертушками, поплавками и др.

Гидравлический метод основан на использовании формул гидравлики. В этом случае измеряется не скорость течения, а другие элементы, входящие в расчетные формулы – высота уровня (напор на водосливах), продольный уклон водной поверхности и т.д. Гидравлический метод применяется в основном при измерении расходов воды через водосливы и отверстия в гидротехнических сооружениях на малых водотоках (каналы, малые реки).

Метод смешения имеет несколько разновидностей (электролитический, тепловой, калориметрический). В наиболее распространенном электролитическом методе расход воды определяется в зависимости от электропроводности вводимого в поток раствора.

Метод смешения применяется преимущественно на горных реках, где измерение расхода воды методом «скорость-площадь» затруднено вследствие загромождения русла камнями и бурного течения.

В речной и ирригационной гидрометрии наибольшее применение нашли методы «скорость-площадь» и гидравлический, которые и рассматриваются в настоящем пособии.

#### **4.2 Выбор участка реки и устройство гидрометрического створа**

Для измерения расходов воды и наносов устраивается гидрометрический створ, представляющий собой закрепленный на местности поперечник через реку.

В состав работ по устройству гидрометрического створа входят:

1) выбор участка реки; 2) топографическая съемка участка; 3) определение направления гидрометрического створа; 4) закрепление и оборудование гидрометрического створа.

1. Требования, предъявляемые к участку для измерения расходов воды, в основном те же, что и при устройстве водомерного поста. Для обеспечения необходимой точности измерений важно, чтобы:

а) на выбранном участке течение наблюдалось по всей ширине и направление его было параллельно берегам;

б) скорости течения должны быть в пределах 0,15 – 3,5 м/с, так как при малых скоростях уменьшается точность измерения гидрометрической вертушкой, а при больших – становится затруднительным выполнение работ;

в) на участке не было зон со стоячей водой и обратными течениями.

Важным условием с точки зрения установления зависимости между расходами и уровнями воды является неизменность русла, отсутствие переменного подпора от сооружений.

2. Гидрометрический створ устраивают приблизительно посередине участка. Обычно его совмещают со створом водомерного поста или назначают в непосредственной близости от него в целях использования готового то-



пографического плана (см. п. 2.3) и регулярных наблюдений за уровнями воды по основному посту. Если гидрометрический пост расположен на значительном расстоянии от водомерного поста, то на гидрометрическом створе устраивается дополнительный водомерный пост, на котором ведутся наблюдения за уровнем воды лишь во время измерений расхода.

3. Чтобы определить значение расхода воды, близкое к действительному, направление гидрометрического створа должно быть перпендикулярным среднему направлению течения. Определение направления гидрометрического створа, в зависимости от ширины реки и требуемой точности измерений расходов воды, производится различными способами.

#### **4.3 Измерение расходов воды с помощью водомерных сооружений и устройств**

В эксплуатационной гидрометрии для учета транзитных расходов воды широко применяются специальные сооружения и устройства – водомерные пороги, лотки, водосливы, насадки.

При стандартной и типовой конструкции сооружений и устройств (по формам и расчетным размерам) определение транзитных расходов производится по установленным и проверенным практикой формулам и зависимостям.

При выборе участка для установки водомерных сооружений необходимо руководствоваться требованиями к выбору участка для руслового гидропоста с учетом особенностей того или иного сооружения.

В период практики целесообразно познакомиться с наиболее распространенными водомерами: водосливами с тонкой стенкой и водомерным лотком Вентури-Паршалла.

### 4.3.1 Измерение расходов воды водосливами с тонкой стенкой

С помощью тонкостенных незатопленных водосливов измеряют расходы от самых малых (0,05 л/с) до 6 м<sup>3</sup>/с в потоках с небольшим количеством наносов.

Водослив представляет собой вертикальную стенку, преграждающую поток перпендикулярно направлению течения и имеющую для прохода воды вырез (отверстие) прямоугольной, треугольной, трапецеидальной, параболической или радиальной формы. В эксплуатационной гидрометрии для измерения расхода воды наиболее часто используют трапецеидальные водосливы с горизонтальной кромкой порога и боковыми откосами 1:0,25 (конструкции Чиполетти), 1:1 (конструкции А. И. Иванова), обратными откосами 1:0,5 (конструкция САНИИРИ), треугольные водосливы с вырезом в форме равнобедренного треугольника и углами при вершине 120, 90, 60, 45, 20 град.

При установке водосливов необходимо соблюдать следующие основные правила:

- ось потока должна совпадать с серединой отверстия водослива;
- стенка водослива должна стоять строго вертикально, а его порог – горизонтально;
- участок канала, на котором устанавливают водослив, делают прямолинейным выше водослива на расстоянии 5 – 10В и ниже водослива не менее 4В. Скорость потока при подходе к водосливу не должна превышать 0,5 м/с, в противном случае участок русла перед водосливом расширяют, т.е. увеличивают площадь сечения потока, за счет чего скорости снижаются, так как  $\omega = \frac{Q}{v}$ ;

- кромка водослива должна быть острой (не толще 1 мм) и обращена фаской, образованной при заточке краев, в сторону нижнего бьефа;
- высота порога  $P$  должна быть больше максимальной глубины воды в потоке;
- под переливающуюся струю должен быть свободный доступ воздуха.

Расход воды через трапецидальный водослив (рис. 20) определяется по формуле:

$$Q = mbH^{3/2}, \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (53)$$

где  $m$  – коэффициент расхода водослива;  $b$  – ширина порога, м;  $H$  – напор над порогом, м.

Для водослива Чиполетти (с углом наклона ребер  $\alpha = 14^\circ$ ) коэффициент расхода  $m = 1,86$ , а для водослива конструкции А.И. Иванова ( $\alpha = 45^\circ$ ):

$$m = \frac{1,86(b + H)}{(b + 0,25H)}; \quad (54)$$

Треугольные водосливы применяют преимущественно для измерения малых расходов воды (до 100 л/с). Расход воды через треугольный водослив определяется по формуле:

$$Q = \frac{8}{15} m \sqrt{2g} \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} H^{5/2}, \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (55)$$

где  $m$  – коэффициент расхода, равный 0,58 – 0,59;  $\alpha$  – угол выреза водослива, град.

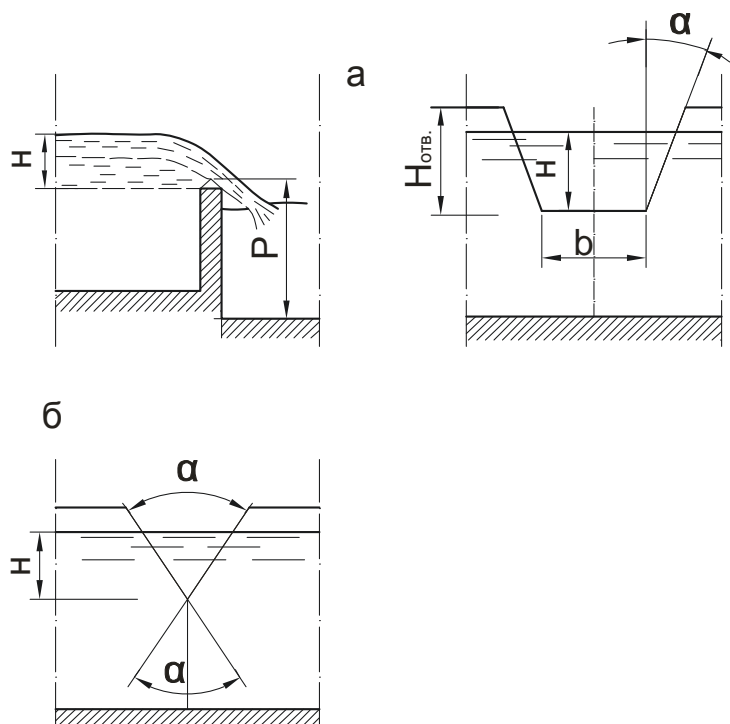


Рис. 20. Водосливы с тонкой стенкой: а – трапецидальный; б – треугольный

Если угол выреза  $\alpha = 90^\circ$ , то формула примет вид:

$$Q = 1,4H^{5/2}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (56)$$

Для водослива необходимо тщательно определять ноль водослива, т.е. отметку поверхности воды, совпадающей с горизонтальной поверхностью, которая проходит через вершину угла. Выполнить это можно при помощи нивелирования, после установки водослива.

При определении расходов водосливами в период практики следует помнить, что несмотря на хорошие мерные качества и простую конструкцию, водосливы имеют и серьезные недостатки: создают подпоры в верхнем бьефе, задерживают наносы; в случае подтопления струи со стороны нижнего бьефа снижается точность измерения.

## **5. ПРИЗЕМНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ**

Приземные метеорологические наблюдения – это измерения и качественные оценки метеорологических элементов, т.е. характеристик физического состояния атмосферного воздуха и происходящих в атмосфере процессов. К метеорологическим элементам относятся атмосферное давление, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность, видимость и т.п. Метеорологические явления – это осадки, туманы, метели, грозы и т.д. При определении характеристик этих явлений фиксируются начало, конец, интенсивность и опасность для народного хозяйства.

Метеорологические наблюдения проводятся с целью получения информации для:

- обеспечения народнохозяйственных организаций сведениями о метеорологических условиях в пункте наблюдений;
- обеспечения прогностических органов необходимыми данными для составления всех видов прогнозов метеорологических условий;
- оповещения об опасных и особо опасных атмосферных процессах и явлениях;
- накопления и обобщения данных о метеорологическом режиме и климате данного региона и страны в целом.

Приземные метеорологические наблюдения проводятся на сети метеорологических станций по возможности однотипными приборами, по единой методике, в определенные часы суток. Чтобы показания станции были репрезентативными, т.е. характерными не только для ее ближайших окрестностей, но и для возможно большего окружающего района, метеорологические станции размещают равномерно в местах, характерных для данного района.

Наблюдения производятся на всей территории одновременно в сроки 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч московского времени. Наблюдения за интенсивностью и развитием атмосферных процессов и явлений производятся непрерывно. Наблюдения за опасными и особо опасными атмосферными явлениями производятся в соответствии с действующими инструкциями и указаниями.

Для производства наблюдений используются специальные метеорологические приборы, которые устанавливаются на площадке станции под открытым небом. Только приборы для измерения атмосферного давления устанавливаются в закрытом помещении станции, так как разница между давлением воздуха под открытым небом и внутри помещения ничтожно мала. Качественные оценки производятся без приборов.

### **7.1 Типовая программа стандартных метеорологических наблюдений**

Для успешной организации метеорологических наблюдений нужно знать типовые программы, иметь необходимый набор метеорологических приборов и оборудования, освоить методику и правила проведения наблюдений, а также их обработку и составление отчетов о проведенных наблюдениях.

#### **Типовая программа метеорологических наблюдений на сетевых метеостанциях основного типа**

Вид наблюдений	Наименование приборов	Сроки наблюдений
Температура воздуха на высоте 2 м над земной поверхностью (в психрометрической будке)	Срочный, максимальный и минимальный термометры	Ежедневно, 8 раз в сутки, в течение всего года
Влажность воздуха - упругость водяного пара и относительная влажность (в психрометрической будке)	Станционный психрометр, волосной гигрометр	Ежедневно, 8 раз в сутки, в течение всего года
Температура поверхности почвы на оголенном участке	Срочный, максимальный и минимальный термометры	Ежедневно, 8 раз в сутки, в течение всего года
Температура почвы на глубине 5,10,15 и 20 см	Коленчатые термометры Савинова	Ежедневно, 8 раз в сутки, в теплый период года

Температура почвы на глубинах 20, 40, 80, 160, 240, 320 см	Вытяжные термометры	1 раз в сутки, в 12 часов в течение всего года. На глубинах 20 и 40 см – 8 раз в сутки
Направление и скорость ветра на высоте 10 – 12 м над земной поверхностью	Флюгер Вильда, анеморумбометр М-63	Ежедневно, 8 раз в сутки, в течение всего года
Количество выпавших осадков	Осадкомер Третьякова	2 раза в сутки: утром и вечером
Высота и плотность снежного покрова	Постоянная и переносная снегомерные рейки, весовой снегомер	Высота – 1 раз в сутки, плотность – 1 раз в 10 дней
Атмосферное давление	Станционный чашечный барометр	Ежедневно, 8 раз в сутки, в течение всего года
Облачность (количество общей и нижней облачности в баллах, основные формы облаков) и видимость	Визуально	Ежедневно, 8 раз в сутки, в течение всего года
Атмосферные явления (дождь, снег, град, роса, иней, туман, гололед, метель, гроза, пыльная буря, шквал, смерч)	Визуально	Круглый год при наличии этих атмосферных явлений

## 5.2 Устройство метеорологической площадки

Метеорологические наблюдения проводятся на специально оборудованной метеорологической площадке.

Площадка должна располагаться на открытом, доступном со всех сторон ветру и характерном для физико-географических условий местности участке. В противном случае результаты наблюдений не будут репрезентативными для данного района. Участок должен быть ровным (без ям и бугров) и приблизительно горизонтальным, с естественными условиями почвы и травяной растительности и находиться не далее 50 – 70 м от помещения метеорологической станции. Размер площадки должен быть равен 26 на 26 м или 26 на 36 м, если предусматривается проведение актинометрических наблюдений за солнечной радиацией. Одной (длинной) стороной площадка ориен-

тируется строго на север. Вблизи площадки не должно быть каких-либо строений или древесных насаждений, которые бы затрудняли движение воздуха. Расстояние до ближайших построек или деревьев должно быть не меньше десятикратной высоты флюгера. Обычно вокруг площадки выделяется защитная зона шириной 200 м. Площадку огораживают металлической сеткой высотой около 1 – 1,5 м. Вход на метеоплощадку рекомендуется устраивать с северной стороны. Для перемещения внутри площадки следует одновременно с установкой приборов проложить дорожки, которыми в дальнейшем следует пользоваться при подходе к приборам с целью сохранения поверхности площадки в естественном состоянии. На площадке всегда должны поддерживаться порядок и чистота. Психрометрическая будка, лестницы и подставки для приборов должны быть покрашены белой краской. Площадка должна тщательно очищаться от сора, летом траву следует скашивать до высоты 20 см, не давая ей разрастаться. В зимнее время не следует нарушать естественного состояния снежного покрова на площадке.

При установке приборов на метеорологической площадке следует придерживаться плана и определенных правил. Все приборы и оборудование на метеорологической площадке должны быть размещены так, чтобы на их показания не влияли соседние установки (не было затенения приборов, не нарушался обмен воздуха и т.д.). Для этого приборы устанавливаются линиями на расстоянии 4 – 6 м друг от друга примерно в шахматном порядке. На первой с севера линии обычно размещаются мачты с флюгером и анеморумбометром. На второй линии размещается психрометрическая будка, на третьей – осадкомеры и плевниограф. В южной части площадки размещаются оголенный участок размером 4 на 6 м для наблюдений за температурой поверхности и верхних слоев почвы и установка под вытяжные термометры. Примерный план размещения приборов и оборудования представлен на рис. 28.



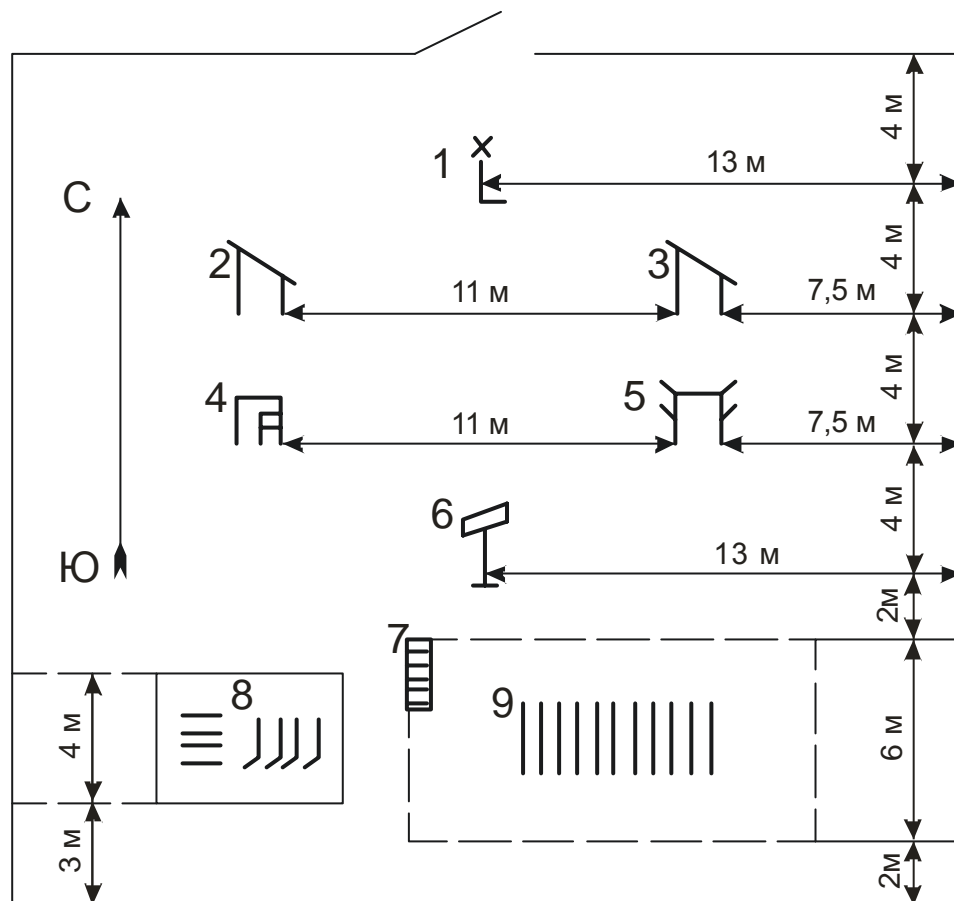


Рис. 28. Схематический план метеорологической площадки: 1 – флюгер, 2 – будка психрометрическая, 3 – будка для самописцев, 4 – плювиограф, 5 – осадкомер, 6 – гелиограф, 7 – снегомерная рейка, 8 – оголенный участок для установки термометров напочвенных и коленчатых, 9 – участок с естественным покровом для установки термометров вытяжных глубинных

### 5.3 Измерение солнечной радиации

Для измерения солнечной радиации применяются термоэлектрические приборы, принцип действия которых основан на зависимости силы термотока от разности температуры спаев.

Приемником термоэлектрических приборов служат батареи из спаев двух металлов, один из которых покрывается сажей (зачерняется), а другой окисью магния белого цвета. В результате неодинакового нагревания спаев создается разность температур, и в цепи возникает термоток, который измеряется гальванометром типа (ГСА-1). Для перевода единиц силы термотока в единицы энергетической напряженности для каждой пары (прибор-гальванометр) рассчитывают переводный множитель.

Актинометрические приборы устанавливаются на открытой площадке на высоте 1,5 м от поверхности земли на горизонтальной стойке.

Для измерений интенсивности прямой солнечной радиации используют актинометры, суммарной и рассеянной – пиранометры или походные альбедометры, радиационного баланса – балансомеры, продолжительности солнечного сияния – гелиографы.

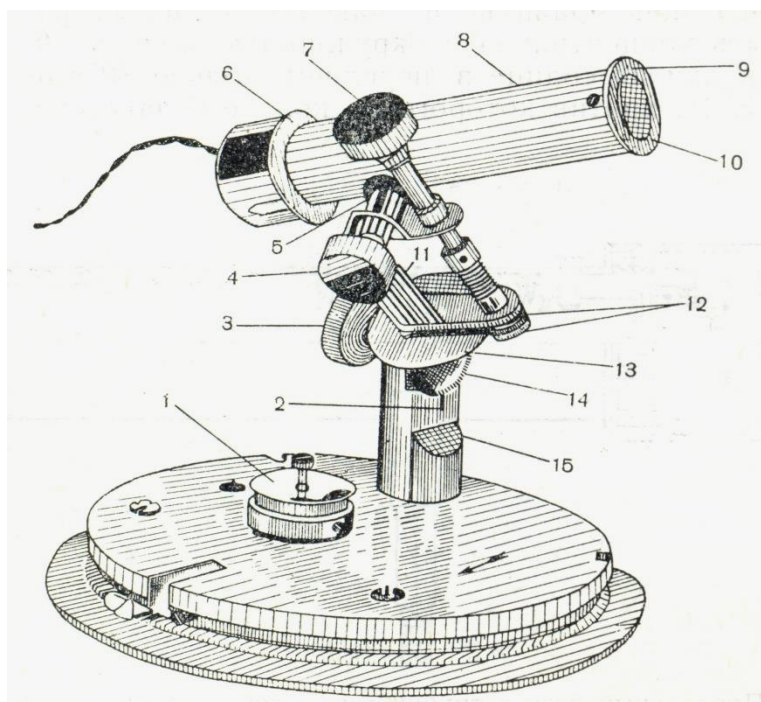


Рис. 29. Внешний вид термоэлектрического актинометра: 1-крышка; 2-риска; 3,4,7 - винты; 8 – трубка; 9 – отверстие; 10 – верхнее кольцо; 11 – ось; 12 – шайбы; 13 – диск; 14 – шкала широт; 15 – стойка

**Актинометр М-3** внешне представляет собой медную трубку, соединенную со стойкой и укрепленную на плате (рис. 29). Внутри трубки помещен диск из серебряной фольги. Со стороны, обращенной к солнцу, диск зачернен, а с обратной стороны к нему приклеены через изоляционную бумажную прокладку две термозвездочки из манганина и константана.

На концах трубки расположены кольца, имеющие приспособления для нацеливания прибора на солнце. На верхнем кольце имеется сквозное отверстие, а на нижнем черная точка. При правильной установке прибора пучок света, проходящий через отверстие, должен точно попадать на точку нижнего кольца. У прибора имеются винты для нацеливания трубки актинометра на

солнце и сектор широт, с помощью которых прибор устанавливается на широту места наблюдения и на солнце.

**Пиранометр М-80М** предназначен для измерения интенсивности суммарной и рассеянной радиации (рис. 30.). Приемник пиранометра имеет ряд термопар, соединенных в термобатарей. Одни концы спаев окрашены в черный цвет, а другие в белый. Черные и белые участки чередуются в шахматном порядке.

Сверху корпус закрыт стеклянным полусферическим колпаком для защиты термобатареи от ветра и осадков. Корпус с термобатареей и стеклянным колпаком составляет головку пиранометра, которая привинчена к стойке с откидной платой. Откидная плата пружиной соединяется с треногой, которая укреплена на основании футляра и имеет два установочных винта. При измерении суммарной или рассеянной радиации головку пиранометра устанавливают горизонтально по уровню с помощью установочных винтов. Для затенения приемника используется специальный теневой экран. При затенении приемника измеряется рассеянная радиация, а без затенения – суммарная радиация.

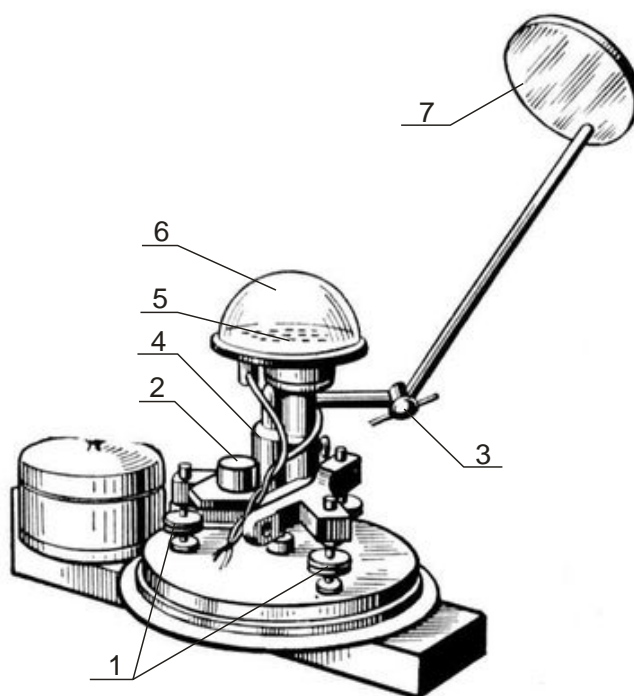


Рис.30. Термоэлектрический пиранометр М-80М: 1 – установочные винты; 2 – уровень; 3 – винт; 4 – стойка; 5 – термобатарея; 6 – стеклянный колпак; 7 – теневой экран

**Балансомер М-10М** предназначен для измерения радиационного баланса. Прибор представляет собой диск с двумя квадратными приемниками – медными, зачерненными с внешней стороны пластинами (рис.31).

Одна пластина, обращенная вверх, измеряет суммарную радиацию и излучение атмосферы, вторая, обращенная вниз – отраженную радиацию и собственное излучение земли. С внутренней стороны медных пластин через бумажные изоляционные прокладки приклеены спаи термобатарей, образованные витками намотанной на медный брусок константановой ленты.

Вся термобатарея состоит из 10 брусков, на каждый из которых намотано 32 – 33 витка. Балансомер крепится горизонтально на высоте 1,5 м от земной поверхности. Для защиты приемника от осадков и пыли имеется специальный чехол, который закрепляется винтом. Поскольку показания балансомера сильно зависят от скорости ветра, то на небольшом расстоянии от прибора устанавливаются анемометр, а затем при обработке измерений показания балансомера умножают на соответствующий поправочный множитель.

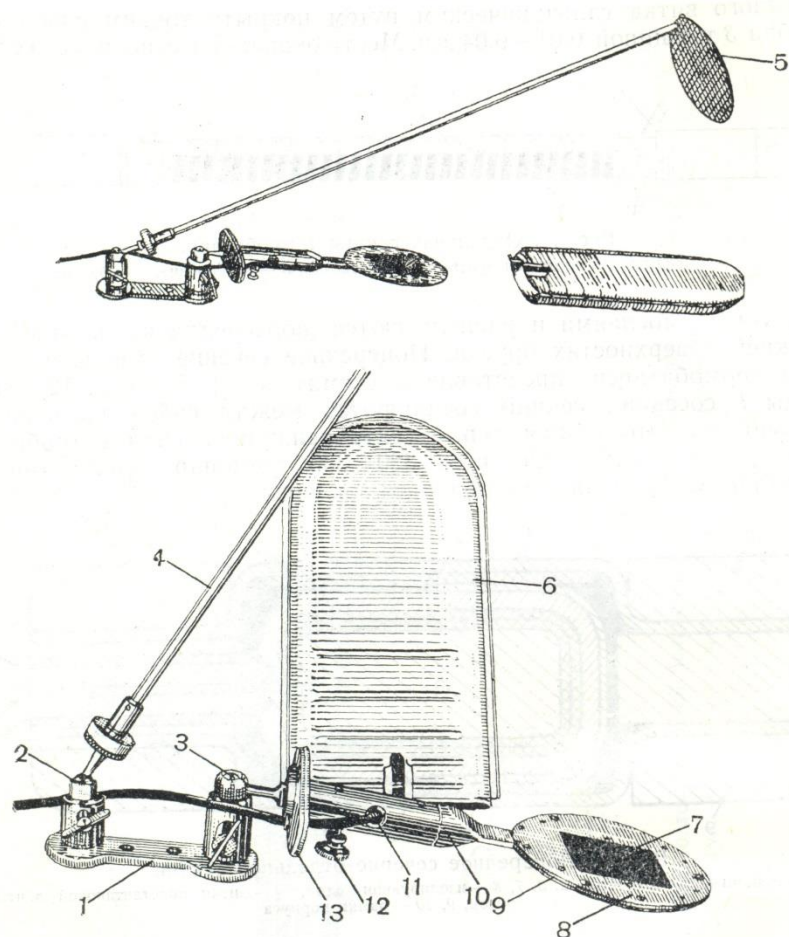


Рис. 31. Внешний вид балансомера 1 – планка шарнирного держателя; 2, 3 – шарниры; 4 – стержень теневого экрана; 5 – теневой экран; 6 – футляр; 7 – приемная поверхность; 8, 9 – рамки корпуса; 10 – рукоятка; 11 – отверстие для вывода провода; 12 – винт для закрепления экрана; 13 – основание футляра

**Гелиограф ГУ-1** предназначен для регистрации продолжительности солнечного сияния. Принцип действия прибора основан на прожигании бумажных лент солнечными лучами, собранными в фокусе стеклянного шара. Стеклянный шар диаметром 98 мм укреплен на дугообразном держателе (рис. 32), имеющем сферическую чашку с тремя парами пазов для закладывания бумажных лент соответственно сезону года (в верхнюю пару пазов – зимой, в среднюю – весной и осенью, в нижнюю – летом).

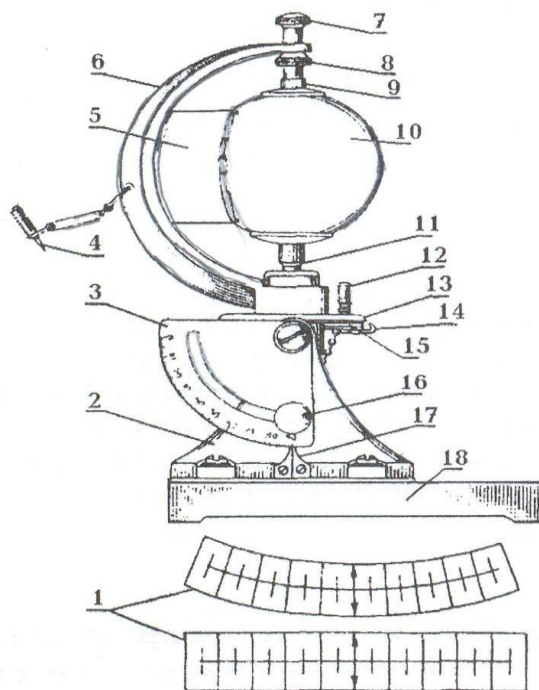


Рис. 32. Гелиограф универсальный ГУ-1: 1 – ленты; 2 – стойки; 3 – шкала широт; 4, 12 – штифты; 5 – чашка; 6 – дугообразный держатель; 7, 16 – винты; 8 – контргайка; 9, 11 – шайбы; 10 – стеклянный шар; 13 – диск; 14, 17 – указатели; 15 – лимб; 18 – чугунное основание

Прибор устанавливается горизонтально на столбе высотой 2 м на открытой площадке, доступной солнечным лучам в течение всего дня. По имеющейся на приборе шкале широт его устанавливают на заданную широту и по меридиану. Периодически необходимо следить за правильностью установки гелиографа и содержать шар гелиографа в чистоте, протирая шар по мере надобности мягкой полотняной тканью (зимой ткань смачивают спиртом). Продолжительность солнечного сияния определяют по длине прожога лент гелиографа за каждый час в десятых долях часа, учитывая даже слабые следы прожога. Затем, суммируя продолжительность солнечного сияния за каждый час, определяют число часов солнечного сияния за сутки.

#### 5.4 Измерение температуры почвы

Для измерения температуры почвы применяют жидкостные (ртутные и спиртовые) и металлические термометры сопротивления.

Температура поверхности почвы измеряется срочным, максимальным и минимальным термометрами, на глубине от 5 до 20 см – коленчатыми тер-

мометрами Савинова, глубже – почвенно-глубинными вытяжными термометрами.

**Срочный термометр ТМ-3** – это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром, который применяют для измерения температуры поверхности почвы в данный момент времени.

**Максимальный термометр ТМ-1** служит для измерения самой высокой температуры между сроками. Это ртутный термометр с ценой деления  $0,5^\circ$  (рис. 33). Для сохранения максимальных значений температуры в дно резервуара этого термометра впаян стеклянный штифт, конец которого входит в капилляр, создавая сужение в месте выхода ртути из резервуара в капилляр.

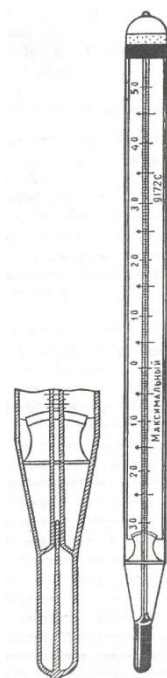


Рис. 33. Максимальный термометр

При повышении температуры ртуть расширяется и поднимается по капилляру, свободно преодолевая силу трения в месте сужения.

При понижении температуры ртуть из капилляра не может вернуться обратно в резервуар, т.к. сила трения в месте сужения больше силы молекулярного сцепления ртути. Вследствие этого в месте сужения происходит разрыв ртути и таким образом, ртуть, попавшая в капилляр, фиксирует максимальное значение температуры за данный промежуток времени.



**Минимальный термометр ТМ-2** служит для измерения самой низкой температуры между сроками. Это спиртовой термометр с ценой деления  $0,5^\circ$ . Внутри капилляра термометра свободно плавает легкий штифтик из темного стекла с утолщениями на концах (рис. 34). Штифтик подобран таким образом, что силы трения его о стенки капилляра больше силы объемного расширения спирта и меньше силы поверхностного натяжения мениска спирта.

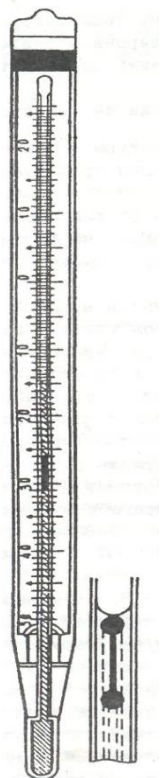


Рис. 34. Минимальный термометр

При понижении температуры спирт уменьшается в объеме и после соприкосновения поверхностной пленки спирта со штифтом последний начинает перемещаться вместе со спиртом в сторону резервуара. Это движение происходит до тех пор, пока понижается температура.

После того, как температура начинает повышаться, спиртовой столбик удлиняется в сторону более высоких значений температуры, а штифт остается на месте и правый его конец фиксирует самую низкую температуру между сроками. После снятия отсчета термометр поднимают резервуаром вверх и подводят штифт к спирту, чтобы иметь возможность измерить минимальную температуру в следующий промежуток времени между сроками.



**Коленчатые термометры Савинова ТМ-5** – это ртутные термометры с цилиндрическими резервуарами, изогнутые под углом  $135^\circ$  чуть выше резервуара и имеющие теплоизоляционный слой, величина которого зависит от глубины установки термометра (рис. 35).

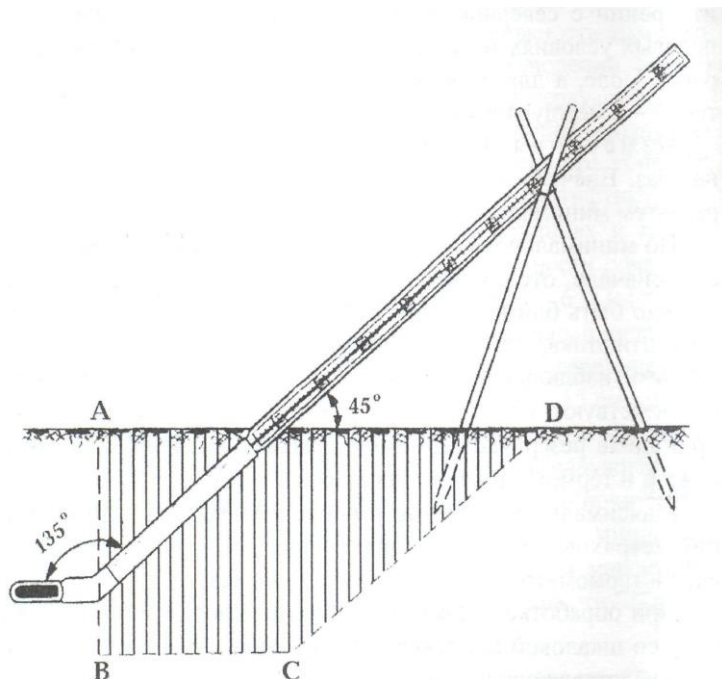


Рис. 35. Установка коленчатых термометров

Почвенные термометры устанавливают в южной части метеорологической площадки на ровном незатененном участке черного пара размером 4 на 6 м.

Напочвенные термометры кладут в центре перекопанного и разрыхленного участка резервуарами к востоку на расстоянии 5 – 6 см один от другого. Первый с севера – срочный термометр, затем минимальный и максимальный термометры. Термометры должны лежать так, чтобы резервуар и внешняя оболочка их были наполовину погружены в почву и плотно прилегли к ней. Зимой термометры устанавливают таким же образом на поверхность снега. Летом в солнечные дни минимальный термометр, во избежание порчи, убирают в тень после семичасового срока и вновь устанавливают за 15 – 20 минут до 19-часового срока. Зимой при понижении температуры до минус  $36^\circ\text{C}$  срочный и максимальный термометры убирают в помещение.

Коленчатые термометры устанавливают в 20 см к западу от напочвенных термометров в ряд по нарастающим глубинам 5, 10, 15 и 20 см в направлении с востока на запад. Резервуары термометров должны быть обращены на север, расстояние между термометрами около 10 см. Коленчатые термометры устанавливают весной после схода снежного покрова и подготовки разрыхленного участка. Для установки коленчатых термометров выкапывают траншейку в виде трапеции. Северную стенку траншейки делают отвесной. В ней на заданной глубине делают углубления, куда вдавливают резервуары термометров до самого изгиба. При этом угол наклона выступающей части термометров должен быть равен  $45^\circ$ . Затем траншею засыпают землей, сохраняя последовательность вынутых пластов. Наблюдения по коленчатым термометрам проводят только в теплый период. С наступлением отрицательных температур их убирают в помещение.

**Вытяжные термометры ТПВ-50** предназначены для измерения температуры почвы на глубинах 20, 40, 80, 160, 240 и 320 см. Это ртутные термометры с ценой деления  $0,2^\circ$ , которые помещают в специальные оправы с металлическим колпачком. Пространство между резервуаром термометра и стенками колпачка для лучшего теплового контакта заполнено медными опилками.

Оправа с термометром крепится на деревянном шесте, длина которого зависит от глубины установки термометра. Деревянный шест заканчивается колпачком с кольцом.

Шест с укрепленным на нем термометром опускают в эбонитовую трубу, имеющую на нижнем конце металлический колпачок. Эбонитовые трубы обладают очень плохой теплопроводностью, поэтому резервуар термометра воспринимает температуру только того слоя почвы, на котором находится металлический колпачок.

Вытяжные термометры устанавливают на участке с естественным покровом в один ряд с востока на запад в порядке возрастания глубин на расстоянии 50 см друг от друга. Установка эбонитовых труб, в которые опуска-

ются вытяжные термометры, делается с помощью бура. Трубы должны выступать над поверхностью почвы на 50 – 100 см, чтобы их не заносило снегом в зимний период. Выступающие над почвой части труб укрепляются проволочными растяжками (рис. 36).

Для сохранения естественного состояния поверхности почвы и избегания ее уплотнения наблюдения по вытяжным термометрам производят со специального откидного помоста, расположенного с северной стороны от термометров на расстоянии 30 см, на одном уровне с верхним концом труб. В период между сроками помост должен находиться в вертикальном положении.

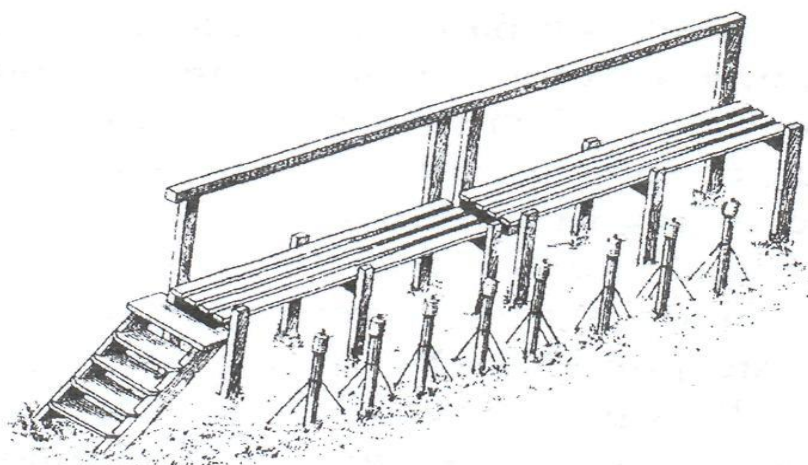


Рис. 36. Установка вытяжных термометров

Во время измерения термометр вынимают из трубы за кольцо и быстро отсчитывают сначала десятые доли, а затем целые градусы.

### ***Последовательность наблюдений за температурой почвы***

Сначала снимают показания с напочвенных термометров: срочного, минимального и максимального. У минимального термометра записывают показания правого конца штифта и мениска спирта, затем, подняв термометр резервуаром вверх, подводят штифт к мениску спирта. Записав отсчет максимального термометра, его встряхивают и записывают показания термометра после встряхивания.

Показания коленчатых и вытяжных термометров отсчитывают последовательно в порядке увеличения глубин. При этом показания вытяжных термометров, расположенных на глубине 80 см и более, снимают один раз в сутки в 13 ч., т.к. с этой глубины суточные колебания температуры уже затухают.

При обработке результатов наблюдений в показания термометров вводятся инструментальные поправки, взятые из поверочных свидетельств к данным термометрам.

### 5.5 Измерение температуры и влажности воздуха

На метеорологических станциях наблюдения за температурой воздуха проводятся с помощью психрометрического, максимального и минимального термометров. За влажностью воздуха наблюдают с помощью стационарного психрометра и волосного гигрометра. Эти приборы помещаются в психрометрическую будку, укрепленную на высоте 2 м.

Психрометрическая будка имеет жалюзийные стенки, которые защищают термометры от прямого воздействия солнечных лучей и вместе с тем не препятствуют свободному доступу воздуха (рис.37).



Рис. 37. Психрометрическая будка БП-1

Будка ориентируется дверцей на север, чтобы во время измерений на термометры не попадали солнечные лучи. Внутри будки укреплен специальный штатив, на котором вертикально устанавливаются два психрометрических термометра с ценой деления  $0,2^\circ$ : слева – «сухой», справа – «смоченный». В комплекте эти два термометра представляют собой прибор, который называется **станционным психрометром**.

Резервуар смоченного термометра обернут батистом, конец которого опущен в стаканчик с дистиллированной водой. Между сухим и смоченным термометрами на верхней перекладине крепится волосной гигрометр для наблюдений за относительной влажностью воздуха. По сухому термометру определяют срочную температуру воздуха, а по разности сухого и смоченного с помощью психрометрических таблиц (прил. 4) определяют абсолютную влажность, относительную влажность, дефицит влажности воздуха и точку росы. На нижней перекладине штатива крепятся специальные планки для установки максимального и минимального термометров, которые располагают резервуарами к востоку. При этом минимальный термометр устанавливают горизонтально, а максимальный – с небольшим наклоном в сторону резервуара. По этим термометрам определяют самую высокую (максимальную) и самую низкую (минимальную) температуру между сроками. Наблюдения в психрометрической будке проводят в следующем порядке:

- сначала, начиная с десятых долей градуса, последовательно отсчитывают и записывают показания «сухого» и «смоченного» термометров;
- затем отсчитывают и записывают показания волосного гигрометра;
- снимают показания максимального термометра и осторожно встряхивают его до температуры срочного «сухого» термометра, показывающего фактическую температуру воздуха в данный момент времени;
- снимают показания правого конца штифта и спирта минимального термометра и, подняв термометр резервуаром вверх, подводят штифт к мениску спирта.

Для получения качественных наблюдений за температурой и влажностью воздуха необходимы соблюдение определенных правил производства наблюдений и надлежащий уход за батистом смоченного термометра.

Основные правила производства наблюдений:

- при проведении наблюдений отсчет по всем термометрам производится с точностью до  $0,1^\circ$ , т.е. половины наименьшего деления шкалы;
- глаз наблюдателя во время отсчета должен находиться на одной высоте с концом столбика ртути в капилляре термометра, при правильном положении глаза черточка шкалы в том месте, где делается отсчет, кажется ровной линией;
- отсчет по термометрам, ввиду большой их чувствительности, должен производиться как можно быстрее, по этой же причине не следует приближаться к резервуарам руки, фонарь, а также дышать на термометры;
- батист на резервуаре смоченного термометра должен быть правильно повязан. В процессе наблюдений необходимо следить за чистотой батиста и менять его по мере загрязнения.

Для смены батиста смоченный термометр вынимают из будки. Снимают старый батист, смачивают резервуар термометра и новый батист дистиллированной водой и плотно обертывают резервуар термометра так, чтобы выше резервуара было 3 – 4 мм батиста, а края его заходили друг за друга не более чем на  $1/4$  окружности резервуара. Затем петлей из нитки завязывают батист над резервуаром. Вторую петлю надевают на середину резервуара, расправляют батист и, постепенно стягивая ее, спускают книзу, следя за тем, чтобы батист ровно, без складок, облегал всю поверхность резервуара. Под шариком-резервуаром петлю затягивают, но не слишком туго, чтобы не нарушалась тяга воды батистом. После этого термометр устанавливают на штативе в будке, а конец батиста опускают в стаканчик с дистиллированной водой. Стаканчик должен быть всегда наполнен водой до кольцевого ободка, подливать воду нужно не позднее, чем за полчаса до наблюдений.

Для смачивания батиста необходимо использовать дистиллированную воду. В крайнем случае, можно использовать профильтрованную дождевую воду, в исключительных случаях – тщательно профильтрованную и прокипяченную речную воду. При этом нельзя пользоваться родниковой водой, т.к. она может содержать много солей.

Вычисление характеристик влажности воздуха, измеренных психрометрическим методом, основано на использовании аналитических моделей, учитывающих значение температур сухого и смоченного термометров.

Упругость водяного пара – это парциальное (частичное) давление водяного пара, которое выражается в *мб* (миллибарах) или мм. рт. ст. (миллиметрах ртутного столба), определяется по выражению:

$$e = E - AP(t - t_1)(1 + 0,00115t), \quad (71)$$

где  $e$  – упругость водяного пара, *мб*;  $E$  (*мб*) – максимальная упругость водяного пара при температуре смоченного термометра  $t_1$ , определяется по табл. 26;  $P$  – атмосферное давление, (*мб*);  $A$  – психрометрический коэффициент, зависящий от скорости вентиляции воздуха около резервуара смоченного термометра, равен  $0,000795 \text{ град}^{-1}$  (для стационарного термометра);  $t$  – температура по сухому термометру, °С.

Абсолютная влажность воздуха – это количество водяного пара в граммах, содержащаяся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, выражается в  $\text{г}/\text{м}^3$ . Величина абсолютной влажности связана с упругостью водяного пара и температурой воздуха соотношением:

$$a = \frac{0,81e}{1 + \alpha t}, \quad (72)$$

где  $a$  – абсолютная влажность,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $t$  – температура воздуха, °С;  $\alpha$  – коэффициент расширения газа ( $\frac{1}{273}$ ).

Относительная влажность – это отношение упругости водяного пара к насыщающей упругости при данной температуре воздуха, оценивается в %:

$$r = \frac{e}{E} \cdot 100\% , \quad (73)$$

Дефицитом упругости водяного пара (дефицитом влажности) называется разность между максимальной упругостью (парциальным давлением насыщающего водяного пара  $E$ ) и упругостью водяного пара, находящегося в воздухе в данный момент времени (парциальным давлением  $e$ ) при соответствующей температуре воздуха, определяется по выражению:

$$d = E - e, \text{ мб}, \quad (74)$$

Точкой росы  $td$  называется температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, при неизменном давлении достигает максимального насыщения. Определив упругость водяного пара по таблице 26, методом обратной задачи устанавливают температуру точки росы.

**Таблица 26 – Максимальная упругость водяного пара  $E$  (мб) над плоской поверхностью чистой воды при разных температурах**

$t^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-30	0,51	0,46	0,42	0,38	0,34	0,31	0,28	0,26	0,23	0,21
-20	1,25	1,15	1,05	0,96	0,88	0,80	0,73	0,67	0,61	0,56
-10	2,86	2,64	2,44	2,25	2,07	1,91	1,76	1,61	1,48	1,36
-0	6,1	5,68	5,27	4,90	4,54	4,21	3,90	3,60	3,34	3,09
+0	6,1	6,6	7,0	7,6	8,1	8,7	9,4	10,0	10,7	11,5
10	12,3	13,1	14,0	15,0	16,0	17,1	18,2	19,4	20,6	22,0
20	23,3	24,9	26,5	28,1	29,9	31,6	33,6	35,7	37,8	40,0
30	42,5	45,0	47,6	50,4	53,5	56,3	59,5	62,8	66,3	70,0

### **Пример расчета**

Исходные данные: температура по сухому стационарному психрометрическому термометру  $t$  равна  $22^{\circ}\text{C}$ , по смоченному  $t_1 = 18^{\circ}\text{C}$ , давление воздуха  $1000 \text{ мб}$ .

Для определения упругости водяного пара  $e$  и абсолютной влажности  $a$  из таблицы 26 находим максимальную упругость водяного пара по показаниям смоченного термометра: при  $t_1 = 18^{\circ}\text{C}$ ,

$E = 20,6 \text{ мб}$ . Отсюда упругость водяного пара:



$$\begin{aligned}
 e &= E - AP(t - t_1)(1 + 0,00115t) = \\
 &= 20,6 - 0,000795 \cdot 1000 \cdot (22 - 18) \cdot (1 + 0,00115 \cdot 22); \\
 e &= 20,6 - 0,795 \cdot 4 \cdot 1,002; \\
 e &= 17,41 \text{ мб};
 \end{aligned}$$

Абсолютная влажность:

$$a = \frac{0,81e}{1 + \alpha t} = \frac{0,81 \cdot 17,41}{1 + 0,00366 \cdot 22} = \frac{14,1}{1,08} = 13,06 \text{ г/м}^3.$$

Для определения относительной влажности  $r$  и дефицита влажности  $d$  из таблицы 26 находим максимальную упругость водяного пара по показаниям сухого термометра: при  $t = 22^\circ\text{C}$ ,  $E = 26,5 \text{ мб}$ . Отсюда:

Относительная влажность

$$r = \frac{e}{E} \cdot 100\% = \frac{17,41}{26,5} \cdot 100\% = 65,7\%;$$

Дефицит влажности воздуха (или дефицит упругости водяного пара)

$$d = E - e = 26,5 - 17,41 = 9,1 \text{ мб}.$$

Точка росы  $td$  при  $e = 17,41 \text{ мб}$  из таблицы 26 при обратном решении равна  $td = 15,2^\circ\text{C}$ .

Для ускорения вычисления характеристик влажности воздуха предлагаются специальные «Психрометрические таблицы», в которых в качестве аргументов используются только две характеристики: температура сухого  $t$  и смоченного  $t_1$  термометров.

Отсчеты по психрометру записываются в соответствующие графы журнала наблюдения (табл. 27).

**Таблица 27 – Журнал записи результатов наблюдений над параметрами влажности воздуха различными способами**

Дата		Начало измерений									
Приборы и метеорологические элементы	Единицы измерения	Значение параметров влажности воздуха в различные сроки									
		Начало опыта 10 ч	1 ч	1 ч	1 ч	1 ч	1 ч	1 ч	1 ч	1 ч	1 ч

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Психрометрический метод

Стационарный Психрометр ТМ-4	Давление по анероиду	$t, ^\circ\text{C}$										
		$P, \text{мб}$										
	Температура	Сухой, $^\circ\text{C}$										
		Смочен., $^\circ\text{C}$										
	Характеристика влажности	$e, \text{мб}$										
		$r, \%$										
		$d, \text{мб}$										
		$td, ^\circ\text{C}$										
Аспирационный психрометр М-34	Температура	Сухой, $^\circ\text{C}$										
		Смочен., $^\circ\text{C}$										
	Характеристика влажности на высоте	$e, \text{мб}$										
		$r, \%$										
		$d, \text{мб}$										
		$td, ^\circ\text{C}$										

Гигрометрический метод

Дистанционная метеостанция М-49	$r, \%$										
Гигрометр волосной М-19	$r, \%$										
Гигрограф М-21	$r, \%$										
Наблюдения и обработку выполнил:											

Обработка данных наблюдений включает введение поправок к показаниям термометров. Поправки берутся из поверочных свидетельств (сертификатов), прилагаемых к каждому термометру. Если давление воздуха при измерениях больше или меньше 1000 мб, к характеристикам влажности воздуха также вводятся поправки. При  $P < 1000 \text{ мб}$  поправка будет положительна, при  $P > 1000 \text{ мб}$  – отрицательна. По психрометрическим таблицам по величине атмосферного давления  $P$  и разности показаний сухого и смоченного термометров  $(t - t_1)$ , берут поправку  $\Delta e$  и вводят её к найденной упругости водяного пара  $e$  по таблице 26. По исправленному значению  $e' = e + \Delta e$  и показанию сухого термометра определяют исправленные значения точки росы  $td$ , относительной влажности  $r$  и дефицита влажности  $d$  (приложение 4, 5).

Для измерения относительной влажности воздуха гигрометрическим методом используется **волосной гигрометр МВ-1** (рис. 38).

Приемной частью гигрометра служит обезжиренный человеческий волос, натянутый на металлическую рамку и соединенный со стрелкой.

При изменении влажности волос изменяет свою длину, что передается стрелке, которая поворачиваясь фиксирует изменение относительной влажности воздуха на шкале с делениями от 0 до 100% (цена одного деления 1%).

Поскольку волос с изменением влажности меняет свою длину неравномерно, то и деления на шкале имеют неравные промежутки: в начале шкалы они больше, чем в конце.

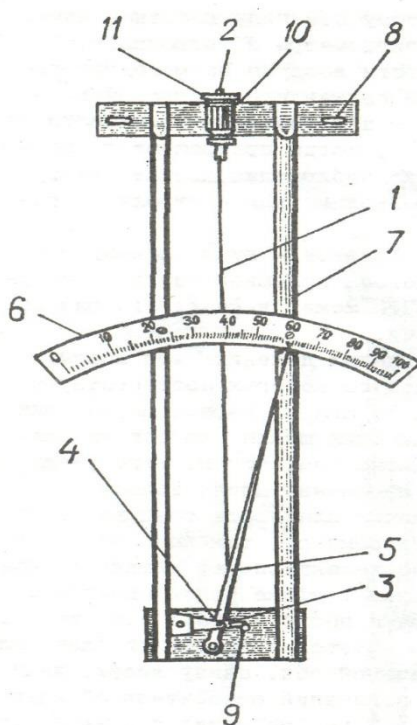


Рис. 38. Волосной гигрометр МВ-1

1 – волос, 2 – регулировочный винт, 3 – дужка, 4 – горизонтальная ось, 5 – стрелка, 6 – шкала, 7 – рамка, 8 – отверстие, 9 – грузик, 10 – гайка, 11 – контргайка

Гигрометр является основным прибором для измерения влажности воздуха. Его показания сравнивают с показаниями психрометра.

Поправки находят путем построения графика связи одновременных наблюдений по гигрометру и психрометру в течение 1 – 1,5 месяцев до наступления морозов. При этом по оси абсцисс откладывают значения относительной влажности воздуха по гигрометру, а по оси ординат – относительную влажность по психрометру.

При удовлетворительном состоянии гигрометра все точки, соответствующие относительной влажности воздуха по гигрометру и психрометру располагаются узкой полосой. Затем по данным точкам проводят средневзвешенную линию с углом наклона к осям координат почти  $45^\circ$  (рис.39).

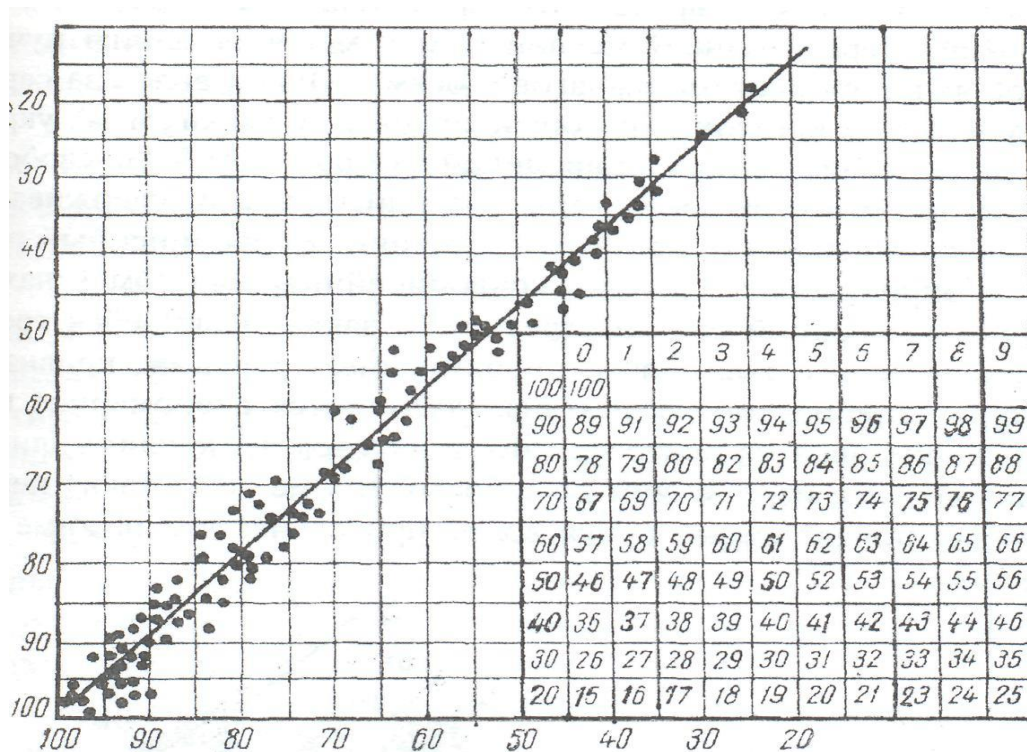


Рис. 39. График для приведения показаний гигрометра к показаниям психрометра

Пользуясь графиком, в зимнее время находят поправки к показаниям гигрометра. Исправленное значение относительной влажности можно определить также по специальной таблице, в левой крайней графе которой даны показания десятков, а в верхней горизонтальной графе единиц гигрометра. Например, если отсчет по гигрометру 55%, то исправленное значение относительной влажности воздуха по таблице будет 52%.

Для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха применяется **гигрограф волосной М-21А** (рис. 40).

Приемником влажности воздуха в данном приборе является пучок (30 – 40 шт.) обезжиренных человеческих волос, защищенных от внешних повреждений специальным проволочным ограждением.

Пучок волос с помощью передаточного механизма, состоящего из системы рычагов, соединен со стрелкой, заканчивающейся пером.

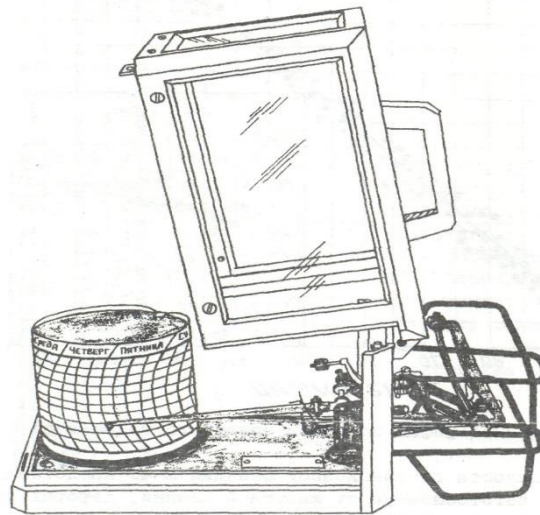


Рис. 40. Гигрограф волосной М-21А

Запись изменений относительной влажности воздуха осуществляется на ленте, закрепленной на барабане с часовым механизмом. Лента гигрографа разделена на горизонтальные линии, соответствующие относительной влажности воздуха с ценой деления 2% и вертикальные дуги времени с ценой деления равной 15 минутам при суточном вращении барабана и 2 часам – при недельном вращении. Гигрограф помещают в психрометрическую будку. Этот прибор также является относительным, поэтому при обработке лент гигрографа в его показания вводится поправка, вычисленная по показаниям психрометра. Для введения поправки в сроки наблюдений по психрометру на ленте гигрографа с помощью специальной кнопки делают засечки легким подъемом пера.

### **7.6 Измерение количества и интенсивности атмосферных осадков**

Для наблюдений за количеством выпавших осадков применяют осадкомеры, а за интенсивностью осадков – плювиографы.

**Осадкомер Третьякова О-1** является основным прибором для измерения осадков на метеорологических станциях. В комплект осадкомера входят два осадкомерных ведра цилиндрической формы, крышка к ведру, осадкомерный стакан, таган для установки ведра и планочная ветровая защита, состоящая из 16 трапециевидных планок (рис. 41).

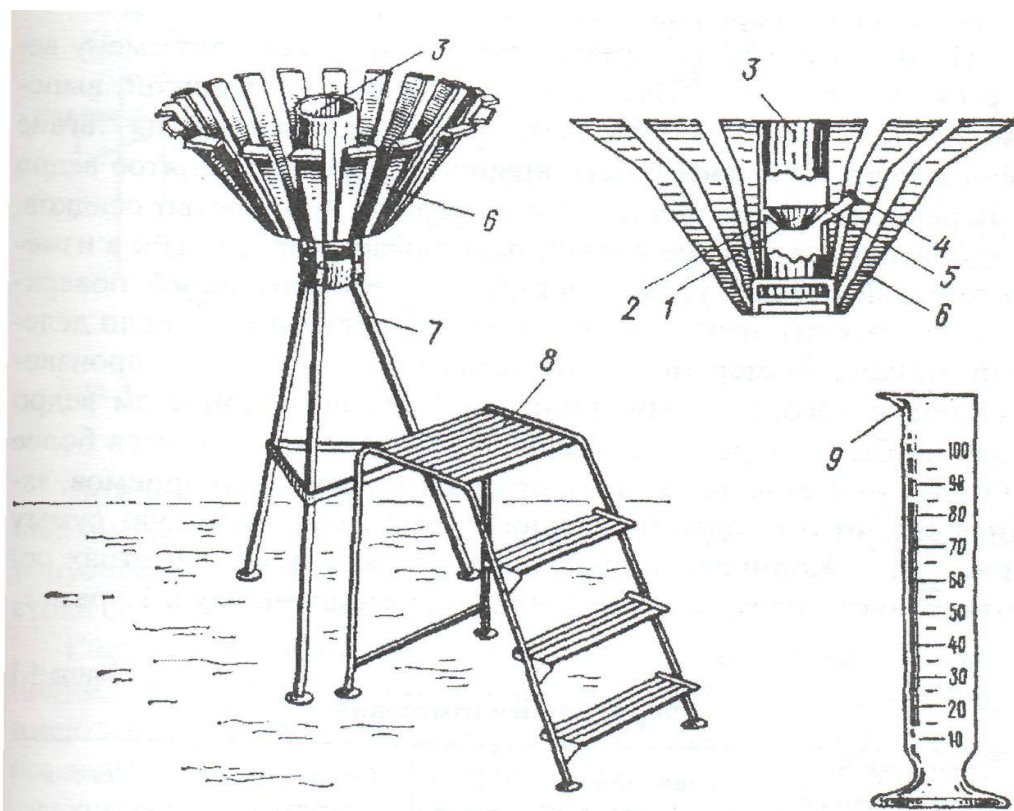


Рис. 41. Осадкомер Третьякова О-1: 1 – воронка, 2 – диафрагма, 3 – ведро, 4 – колпачок, 5 – носик, 6 – планочная защита, 7 – подставка, 8 – лестенка, 9 – измерительный стакан

Верхние концы планок отогнуты во внешнюю сторону и находятся на одной высоте с верхним краем ведра ( $H = 2$  м). Планки расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, соединены между собой внизу и вверху цепочками и крепятся за ушки на металлическом кольце, соединенном с помощью кронштейнов с таганом.

Ведро осадкомера имеет площадь приемной поверхности  $200 \text{ см}^2$  и высоту 40 см. Внутри ведра имеется диафрагма в виде усеченного конуса, отверстие которой летом закрывается воронкой для уменьшения испарения осадков из ведра. С внешней стороны к ведру припаян носик с колпачком для слива осадков. Ведро устанавливают в таган, закрепленный неподвижно на металлической подставке.

Осадки измеряют 2 раза в сутки: утром – за ночь и вечером – за день.

Во время измерения производят смену ведер (2 или 4 раза в сутки). Пустое ведро, закрытое крышкой, выносят из помещения и заменяют им ведро, стоящее на тагане осадкомера. Снимают с него крышку, закрывают снятое



ведро и переносят в помещение, где содержащиеся в ведре осадки переливаются через носик в измерительный стакан и по положению уровня воды отсчитывают число делений стакана. Затем число делений делят на 10 и получают количество осадков в мм. Количество твердых осадков измеряют после того, как они полностью растают. К результатам измерений обязательно вводится поправка на смачивание ведра.

**Плювиограф П-2** служит для непрерывной регистрации количества и интенсивности жидких осадков. Прибор смонтирован в металлическом кожухе цилиндрической формы с вырезом в передней части, который закрывается дверцей (рис. 42).

Приемником осадков является цилиндрический сосуд с площадью приемной поверхности  $500 \text{ см}^2$ . В нижней части сосуд переходит в конус с несколькими отверстиями для стока воды. Ко дну конуса припаяна трубка, которая вставляется в воронку трубки, идущей от поплавковой камеры. Внутри поплавковой камеры находится полый металлический поплавок со стержнем и стрелкой, заканчивающейся пером. Сбоку поплавковой камеры впаяна трубка, в которую вставляется стеклянный сифон. На крышке поплавковой камеры смонтирован механизм принудительного слива осадков.

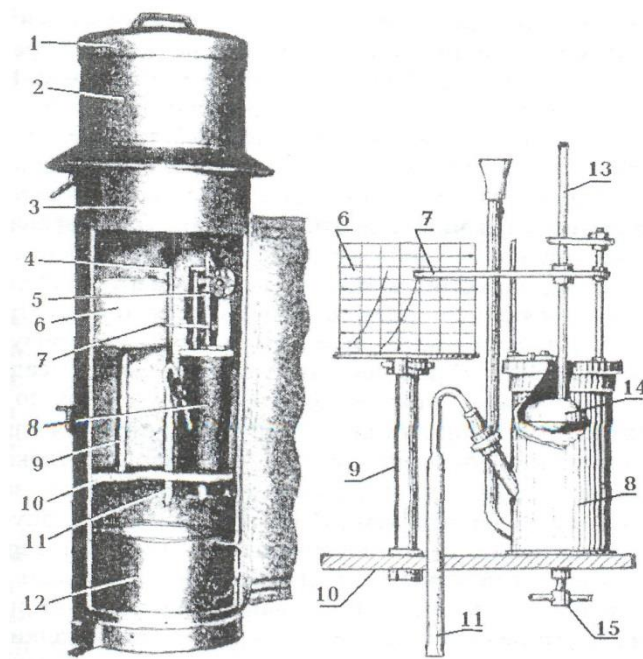


Рис. 42. Плювиограф П-2: 1 – крышка, 2 – приемный сосуд, 3 – кожух, 4 – трубка, 5 – механизм принудительного слива, 6 – барабан, 7 – стрелка, 8 –

поплавковая камера, 9 – стойка, 10 – плата, 11 – сифон, 12 – водосборный сосуд, 13 – стержень, 14 – поплавок, 15 – винт

Слева от поплавковой камеры укреплена стойка с осью для барабана с часовым механизмом. На барабан надевается бумажная лента.

При выпадении осадков вода из приемного сосуда по сливной трубке попадает в поплавковую камеру. При этом поплавок поднимается и перо стрелки, поднимаемое поплавком начинает писать на ленте кривую линию, угол наклона которой зависит от интенсивности осадков. Когда количество осадков достигает 10 мм, то срабатывает механизм принудительного слива и осадки через сифон переливаются в водосборный сосуд, находящийся в нижней части кожуха. Перо в момент слива опускается вниз и чертит на ленте вертикальную линию от верхнего края до нулевого положения. Если осадки продолжают, то поплавковая камера снова заполняется и перо продолжает запись, поднимаясь вверх. Если осадки прекращаются, то перо чертит на ленте горизонтальную линию.

Ленты плевниографа меняют ежедневно, в сухую погоду ленты используют 5 – 6 дней. Часовой механизм заводят 1 раз в неделю по определенным дням. Обработку лент производят для каждого дождя. По записи на ленте определяют время начала и конца дождя, записывают количество осадков, выпавших за каждый час, вычисляют общую сумму осадков за 24 часа и интенсивность дождя в 1 минуту (среднюю и максимальную).

### **5.7 Наблюдения за скоростью и направлением ветра**

Ветер – это горизонтальное движение воздуха над земной поверхностью. При метеорологических наблюдениях определяется направление, измеряется скорость и дается характеристика ветра.

За направление ветра принимается то направление, откуда дует ветер. В метеорологии для определения направления ветра пользуются шестнадцатью румбами, которые обозначаются буквами русского или латинского алфавита (табл. 28).

Таблица 28 – **Названия и обозначения румбов**



Название румба	Обозначение	
	Русское	Международное
Север	С	N
Северо-северо-восток	ССВ	NNE
Северо-восток	СВ	NE
Востоко-северо-восток	ВСВ	ENE
Восток	В	E
Востоко-юго-восток	ВЮВ	ESE
Юго-восток	ЮВ	SE
Юго-юго-восток	ЮЮВ	SSE
Юг	Ю	S
Юго-юго-запад	ЮЮЗ	SSW
Юго-запад	ЮЗ	SW
Западо-юго-запад	ЗЮЗ	WSW
Запад	З	W
Западо-северо-запад	ЗСЗ	WNW
Северо-запад	СЗ	NW
Северо-северо-запад	ССЗ	NNW

Изменчивость ветра по направлению и скорости характеризуется только качественно.

Наблюдения за скоростью и направлением ветра на метеорологических станциях проводят с помощью *флюгера Вильда* или *анеморумбометра М-63*.

Флюгеры выпускаются с легкой (200 г) и тяжелой (800 г) доской.

**Флюгер стационарный ФВЛ** (*легкий*), **ФВТ (Вильда)** (*тяжелый*). Флюгер устанавливают на мачте высотой 10 – 12 м или над крышей здания на высоте не менее 4 м.

Приемником направления ветра служит двухлопастная флюгарка с шаром-противовесом, свободно вращающаяся вокруг вертикальной оси. Для определения направления ветра на оси под флюгаркой расположена муфта с восемью штифтами, указывающими направление стран света (рис. 43).

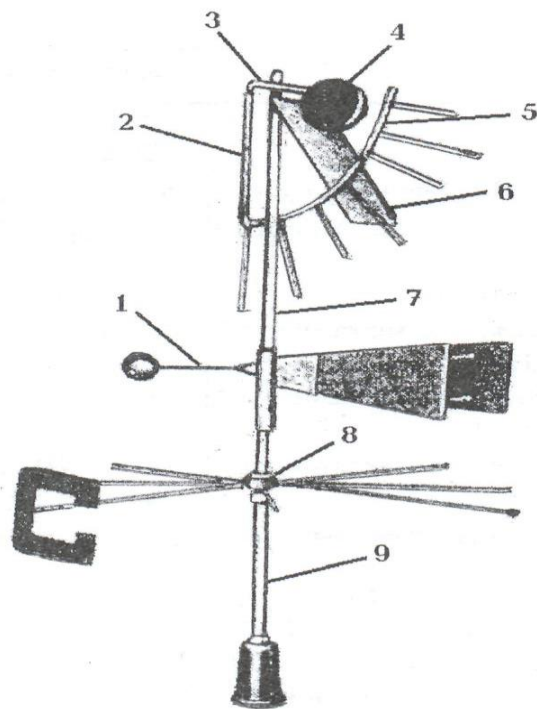


Рис. 43. Флюгер стационарный ФВЛ, ФВТ

1 – флюгарка, 2 – рамка, 3 – горизонтальная ось, 4 – противовес, 5 – дуга со штифтами, 6 – металлическая доска, 7 – трубка, 8 – муфта, 9 – неподвижная ось

Для определения направления ветра по флюгеру наблюдатель встает около мачты под указателем направления ветра и в течении 2 минут наблюдает за положением противовеса-указателя по отношению к штифтам, указывающим стороны горизонта. Обычно указатель колеблется, поэтому нужно глазомерно определить румб, которому соответствует среднее его положение за время наблюдений и произвести запись в книжке.

Для определения скорости ветра следует отойти от мачты в направлении, перпендикулярном положению флюгарки, чтобы хорошо были видны штифты скоростей ветра и ребро доски. Наблюдая в течение 2 минут качание доски, следует заметить среднее положение ребра доски относительно штифтов. Номера штифтов считаются снизу вверх от 0 до 7. Нулевой штифт совпадает с плоскостью доски при ее отвесном положении, когда нет ветра; короткие штифты имеют нечетные номера, длинные – четные; каждому штифту соответствует определенная скорость ветра, которая находится по табл. 29.

Таблица 29 – Скорость ветра по флюгеру

Качание доски флюгера	Скорость, м/с для флюгеорв
-----------------------	----------------------------

	с легкой доской	с тяжелой доской
Около штифта 0	0	0
Между штифтами 0 и 1	1	2
Около штифта 1	2	4
Между штифтами 1 и 2	3	6
Около штифта 2	4	8
Между штифтами 2 и 3	5	10
Около штифта 3	6	12
Между штифтами 3 и 4	7	14
Около штифта 4	8	16
Между штифтами 4 и 5	9	18
Около штифта 5	10	20
Между штифтами 5 и 6	12	24
Около штифта 6	14	28
Между штифтами 6 и 7	17	34
Около штифта 7	20	40
Выше штифта 7	Более 20	Более 40

В характеристике ветра отмечается его изменчивость по направлению и скорости.

По направлению различают постоянный или меняющийся ветер. Постоянным считается ветер, направление которого за 2 минуты наблюдения удерживалось в пределах одного румба. Меняющимся называется ветер, направление которого за время наблюдений менялось более чем на один румб.

По скорости ветер характеризуется как ровный и порывистый. Ровным называется ветер, если его скорость за 2 минуты наблюдения остается почти постоянной, доска колеблется около одного штифта или ее колебания ограничены двумя соседними штифтами. Порывистым называется ветер, скорость которого за промежуток наблюдения резко меняется – быстро возрастает и уменьшается.

В случае порывистого ветра в книжке наблюдений, кроме средней скорости отмечается максимальная скорость при порывах.

Максимальная скорость отсчитывается не по максимальному положению раскачивающейся доски, а по тому положению, в котором она удерживается хотя бы несколько секунд.

Результаты наблюдений записываются в следующем порядке. В строке «Флюгер» записывается направление и скорость ветра. Направление обозначается русскими буквами. При записи скорости ветра сначала указывается номер штифта, возле которого или между которыми, наблюдалось среднее положение доски флюгера, и помечается, по какой доске (легкой «л» или тяжелой «т») производились наблюдения. Затем рядом в скобках проставляется скорость ветра в м/с, найденная по переводной таблице. Например, северо-восточное направление ветра, доска колебалась между штифтами 4 и 5. Флюгер с легкой доской. В этом случае запись имеет вид «СВ 4 – 5 л». В следующей строке дается «Характеристика ветра», где словесно записывается характер ветра: постоянный или меняющийся по направлению, ровный или порывистый по скорости. При порывистом ветре дополнительно указывается максимальная скорость при порывах. Например, «постоянный, ровный» или «постоянный порывистый до 12 м/с» и т.д.

**Анеморумбометр М-63М-1** – это дистанционный электрический прибор, предназначенный для измерения направления ветра в градусах, а также средней, мгновенной и максимальной скорости ветра между сроками. Он состоит из датчика, измерительного пульта, блока питания и соединительного кабеля (рис. 44).

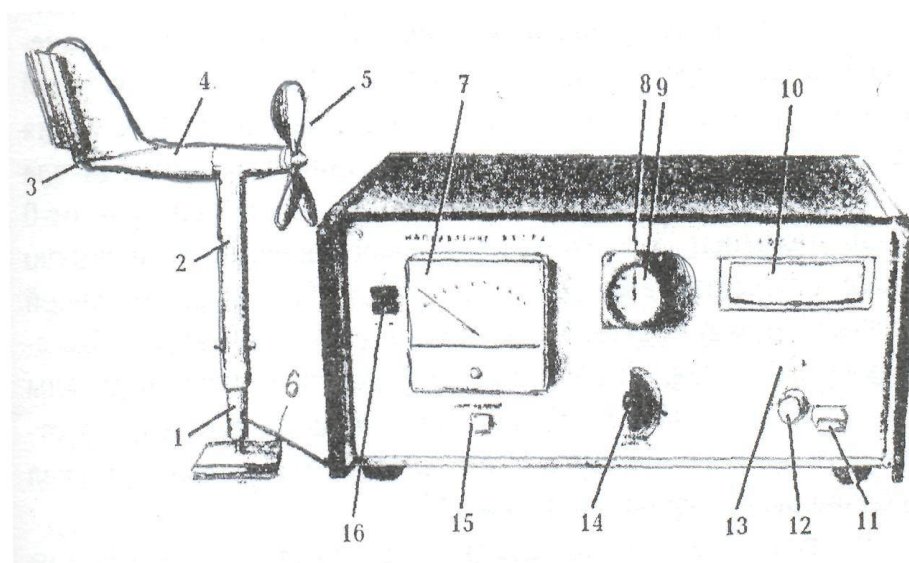


Рис. 44. Анеморумбометр М-63М-1: 1 – стойка; 2 – цилиндр; 3 – лопасти флюгарки; 4 – корпус; 5 – четырех лопастной винт; 6 – ориентир; 7,10 – шкалы направления и скорости ветра; 8,11,15 – кнопки для сброса средней

скорости, включения каналов скорости и направления ветра; 9 – указатель средней скорости; 12,14 – ручки для сброса максимальной и включения средней скорости ветра; 13 – кнопка переключения на нижнюю шкалу скорости; 16 – индикатор.

Датчиком направления ветра является флюгарка в виде обтекаемого корпуса с вертикально расположенными лопастями в хвостовой части, а датчиком скорости ветра служит четырехлопастной винт в передней части корпуса. Датчик анеморумбометра устанавливается как и флюгер на мачте высотой 10 – 12 м, а измерительный пульт прибора и блок питания устанавливают в помещении метеостанции. Датчик и измерительный пульт соединены между собой 7-жильным кабелем. Определение характеристик ветра производится с помощью соответствующих ручек и кнопок управления на лицевой панели измерительного пульта, где находятся шкалы для измерения направления ветра, мгновенной и максимальной скорости ветра и узел измерения средней за 10-минутный интервал скорости ветра.

## 5.8 Измерение атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления применяют ртутные барометры и барометры-анероиды, а для непрерывной регистрации давления – барографы. На метеорологических станциях наблюдения за атмосферным давлением проводят с помощью **станционного чашечного барометра**. Это очень точный прибор, который устанавливают в помещении метеостанции в специальном стеклянном шкафу, укрепленном на капитальной стене вдали от обогревательных систем, окон и дверей. Обычно он подвешивается строго вертикально за кольцо с таким расчетом, чтобы чашка барометра находилась на высоте 70 – 75 см от пола.

Барометр состоит из стеклянной трубки длиной 80 см, запаянной с верхнего конца и заполненной очищенной ртутью (рис. 45).

Нижний конец трубки опущен в пластмассовую чашку с ртутью, в крышке которой имеется отверстие для сообщения с атмосферным воздухом. Стеклянная трубка помещена в латунную оправу. В нижней части её укреп-



- отсчитывают показания барометра по шкале и нониусу с точностью до 0,1 мб (гПа), при этом находящееся ниже среза нониуса или совпадающее с ним деление шкалы показывает величину давления в целых миллибарах (гектопаскалях), а десятые доли определяются по делению нониуса, наиболее точно совпадающему с одним из делений шкалы.

В показания барометра вводят 3 поправки: инструментальную, на температуру барометра и ускорение свободного падения. Введением поправок на температуру и ускорение свободного падения показания барометра приводят к температуре 0°С и уровню моря. Поскольку поправка на ускорение свободного падения меняется незначительно, то для удобства обработки ее объединяют с инструментальной, получая постоянную поправку. Таким образом, в результаты отсчета барометра фактически вводят две поправки: постоянную и на температуру, которую определяют по специальной таблице.

**Барограф** используют для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления (рис. 46).

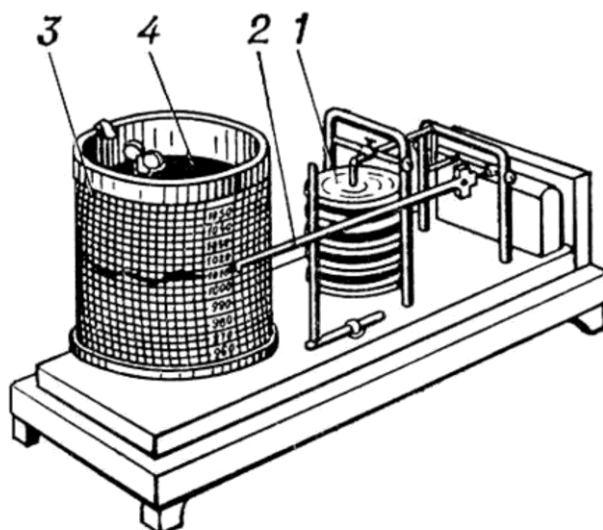


Рис. 46. Устройство барографа: 1 — anerоидные коробки; 2 — перо; 3 — бумажная лента; 4 — барабан, приводимый в движение часовым механизмом.

Приемной частью барографа служит бароблок из нескольких anerоидных коробок, который системой рычагов соединен со стрелкой прибора, заканчивающейся пером. Регистрирующей частью барографа является барабан с часовым механизмом, на который надевается бумажная лента. В зависимо-

сти от скорости вращения барабана барографы бывают суточные и недельные. Во время работы прибора на ленте остается след от пера, который и регистрирует тенденции изменения давления. В сроки наблюдений на ленте нажатием специальной кнопки делаются засечки для сравнения его показаний с показаниями ртутного барометра.



## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Быков В. Д., Васильев А. В. Гидрометрия. 4-е изд., перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 325 с.
- 2 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 280100 «Природообустройство и водопользование» (квалификация (степень) «бакалавр») (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 21 декабря 2009 г. №776), М., 2010. 23 с.
- 3 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 280100 «Природообустройство и водопользование» (квалификация (степень) «магистр») (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 14 января 2010 г. №26), М., 2010. 17 с.
- 4 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 270800 «Строительство» (квалификация (степень) «бакалавр») (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 18 января 2010 г. №54), М., 2010. 32 с.
- 5 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 270800 «Строительство» (квалификация (степень) «магистр») (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 21 декабря 2009 г. №750), М., 2009. 29 с.
- 6 Железняков Г. В., Овчаров Е. Е. Инженерная гидрология и регулирование стока. М.: Колос, 1993. 464 с.
- 7 Водный кодекс российской Федерации. М.: Издательство «Омега-Л», 2008. – 58 с.
- 8 Практический комментарий к Водному кодексу Российской Федерации / под ред. О. Л. Дубовик. М.: Эксмо, 2007. – 528 с.

- 9 Лучшева А. А. Практическая гидрометрия. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 424 с.
- 10 Наблюдения на гидрометеорологической сети СССР. Определение понятий гидрометеорологических элементов и оценка точности наблюдений / Под ред. О. А. Горордецкого. Л.: Гидрометеоздат, 1970, 90 с.
- 11 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3 ч. 1. Метеорологические наблюдения на станциях. Л.: Гидрометеоздат, 1969. 307 с.
- 12 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2 ч. 2. Гидрологические наблюдения на постах. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 246 с.
- 13 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6 ч. 1. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. Изд. 3-е. перераб. и доп. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 383 с.
- 14 Руководящий документ. Дополнение к наставлению гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. ч. 1. Гидрологические наблюдения на больших и средних реках. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 91 с.
- 15 20.41 РТ 03-2008 Рекомендации типовые. Метеорологическое обеспечение гидрометеорологических измерений. Основные средства измерений гидрометеорологического назначения, применяемые на государственной наблюдательной сети. Введен в действие 1 октября 2009.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Образец оформления обложки отчета по практике

---

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО Вавиловский университет

Факультет инженерии и природообустройства  
Кафедра Природообустройство, строительство и теплоэнергетика

### ОТЧЕТ

по ознакомительной практике  
( по гидрологии, климатологии и метеорологии)

бригады №2

Состав бригады: 1. Е. А. Анисимова 2. Л. Н. Легостаева 3. А. В. Лемешкин 4. Н. В. Соннова	Подпись:	Бригадир: Преподаватель: Зав. практикой	Б.В. Фисенко А. Б. Овчинников	Подпись:
---	----------	---	----------------------------------	----------

САРАТОВ 20\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Характеристика русла

№ точки	Местоположение точки	Наибольшая глубина, м	Ширина, м	Тип грунта дна	Наибольшая скорость, м/с	Водная растительность	Примечания
---------	----------------------	-----------------------	-----------	----------------	--------------------------	-----------------------	------------

### Характеристика долины

№ точки	Левый или правый берег	Пойма			Терраса			Склон коренного берега			Примечание
		Высота над уре-зом, м	Ширина, м	растительность	Высота от подошвы, м	Ширина, м	растительность	Высота от подошвы, м	Крутизна, град.	растительность	

### Характеристика водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы

№ точки	Левый или правый берег	Водоохранная зона (ВЗ)		Прибрежная защитная полоса (ПЗП)	
		Ширина, м	Характеристика	Ширина, м	Характеристика

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Значения коэффициентов шероховатости $n$ для естественных водотоков, по М. Ф. Срибному

Категория	Характеристика русла	$n$
Для равнинных рек		
1	Прямолинейные участки канализованных рек в плотных грунтах с тонким слоем илистых отложений	0,020
2	Извилистые участки канализованных рек в плотных грунтах с тонким слоем илистых отложений	0,022
3	Естественные земляные русла в весьма благоприятных условиях, чистые и прямые, со спокойным течением	0,025
4	Галечные и гравийные русла в таких же условиях	0,030
5	Русла постоянных потоков, преимущественно больших и средних рек в благоприятных условиях состояния ложа и течения воды	0,035
6	Сравнительно чистые русла постоянных водотоков в обычных условиях, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй или же прямые, с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни). Незаросшие ровные поймы	0,040
7	Русла больших и средних рек, значительно засоренные, извилистые, каменистые с беспокойным течением. Поймы больших и средних рек значительно разработанные, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарники)	0,050
8	Русла периодических потоков, сильно засоренные и извилистые. Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кусты, деревья, наличие заводей). Порожистые участки равнинных рек	0,065
9	Русла и поймы, весьма значительно заросшие (со слабым течением), с большими глубокими промоинами	0,080

**ПРИЛОЖЕНИЕ 4**  
**Психрометрические таблицы**

t – сухой термометр	t' - смоченный термометр
e – упругость водяного пара	r – относительная влажность
d – дефицит влажности	n – поправочное число

t / t'	5 <sup>0</sup>				t / t'	6 <sup>0</sup>			
	e	r	d	n		e	r	D	п
-1,0	0,9	10	7,8	19	0,0	1,3	14	8,1	19
0,0	2,1	25	6,6	16	1,0	2,6	28	6,8	15
1,0	3,4	39	5,3	12	2,0	3,9	41	5,5	12
2,0	4,7	54	4,0	9	3,0	5,2	56	4,2	9
3,0	6,0	68	2,7	6	4,0	6,5	70	2,9	6
4,0	7,3	84	1,4	3	5,0	7,5	85	1,5	3
5,0	8,7	100	0,0	0	6,0	9,4	100	0,0	0
t / t'	7 <sup>0</sup>				t / t'	8 <sup>0</sup>			
0,0	0,6	5	9,4	22	1,0	1,0	9	9,7	21
1,0	1,8	18	8,2	18	2,0	2,3	21	8,4	18
2,0	3,1	31	6,9	15	3,0	3,6	34	7,1	15
3,0	4,4	44	5,6	12	4,0	4,9	46	5,8	11
4,0	5,8	57	4,2	9	5,0	6,3	59	4,4	8
5,0	7,1	71	2,9	6	6,0	7,8	72	2,9	5
6,0	8,6	85	1,4	3	7,0	9,2	86	1,5	3
7,0	10,0	100	0,0	0	8,0	10,7	100	0,0	0
t / t'	9 <sup>0</sup>				t / t'	10 <sup>0</sup>			
2,0	1,5	13	10,0	21	3,0	2,0	16	10,3	20
3,0	2,8	24	8,7	17	4,0	3,4	27	8,9	17
4,0	4,2	36	7,3	14	5,0	4,8	39	7,5	14
5,0	5,5	48	6,0	11	6,0	6,2	50	6,1	11
6,0	7,0	61	4,5	8	7,0	7,6	62	4,7	8
7,0	8,4	73	3,1	5	8,0	9,1	74	3,2	5
8,0	9,9	87	1,6	3	9,0	10,7	87	1,6	3
9,0	11,5	100	0,0	0	10,0	12,3	100	0,0	0
t / t'	11 <sup>0</sup>				t / t'	12 <sup>0</sup>			
4,0	2,6	20	10,5	20	5,0	3,2	23	10,8	19
5,0	4,0	30	9,1	16	6,0	4,6	33	9,4	16
6,0	5,4	41	7,7	13	7,0	6,0	43	8,0	13
7,0	6,8	52	6,3	10	8,0	7,5	54	6,5	10
8,0	8,3	64	4,8	8	9,0	9,1	65	4,9	7
9,0	9,9	75	3,2	5	10,0	10,7	76	3,3	5
10,0	11,5	88	1,6	2	11,0	12,3	88	1,7	2
11,0	13,1	100	0,0	0	12,0	14,0	100	0,0	0
t / t'	13 <sup>0</sup>				t / t'	14 <sup>0</sup>			

	e	r	d	π		e	r	D	π
6,0	3,8	25	11,2	19	7,0	4,5	28	11,5	18
7,0	5,2	35	9,8	16	8,0	6,0	37	10,0	15
8,0	6,8	45	8,2	13	9,0	7,5	47	8,5	12
9,0	8,3	55	6,7	10	10,0	9,1	57	6,9	10
10,0	9,9	66	5,1	7	11,0	10,8	67	5,2	7
11,0	11,5	77	3,5	5	12,0	12,4	78	3,6	5
12,0	13,2	88	1,8	2	13,0	14,2	89	1,8	2
13,0	15,0	100	0,0	0	14,0	16,0	100	0,0	0
t / t'	15 <sup>0</sup>				t / t'	16 <sup>0</sup>			
7,0	3,7	21	13,4	21	8,0	4,4	24	13,8	20
8,0	5,2	30	11,9	18	9,0	5,9	33	12,3	17
9,0	6,7	39	10,4	15	10,0	7,5	41	10,7	14
10,0	8,3	49	8,8	12	11,0	9,2	50	9,0	12
11,0	10,0	58	7,1	9	12,0	10,8	60	7,4	9
12,0	11,6	68	5,5	7	13,0	12,6	69	5,6	7
13,0	13,4	78	3,7	4	14,0	14,4	79	3,8	4
14,0	15,2	89	1,9	2	15,0	16,3	89	1,9	2
15,0	17,1	100	0,0	0	16,0	18,2	100	0,0	0
t / t'	17 <sup>0</sup>				t / t'	18 <sup>0</sup>			
9,0	5,1	26	14,3	20	10,0	5,9	29	14,7	19
10,0	6,7	35	12,7	17	11,0	6,7	37	13,0	16
11,0	8,4	43	11,0	14	12,0	9,3	45	11,3	13
12,0	10,1	52	9,3	11	13,0	11,0	53	9,6	11
13,0	11,8	61	7,6	9	14,0	12,8	62	7,8	8
14,0	13,6	70	5,8	6	15,0	14,7	71	5,9	6
15,0	15,5	80	3,9	4	16,0	16,6	80	4,0	4
16,0	17,4	90	2,0	2	17,0	18,6	90	2,0	2
17,0	19,4	100	0,0	0	18,0	20,6	100	0,0	0
t / t'	19 <sup>0</sup>				t / t'	20 <sup>0</sup>			
10,0	5,1	23	16,9	21	11,0	6,0	26	17,4	21
11,0	6,8	31	15,2	18	12,0	7,7	33	15,7	18
12,0	8,5	39	13,6	16	13,0	9,4	40	14,0	15
13,0	10,2	46	11,8	13	14,0	11,2	48	12,2	13
14,0	12,0	55	10,0	11	15,0	13,1	56	10,3	10
15,0	13,9	63	8,1	8	16,0	15,0	64	8,4	8
16,0	15,8	72	6,2	6	17,0	17,0	73	6,4	6
17,0	17,8	81	4,2	4	18,0	19,1	81	4,3	4
18,0	19,9	90	2,1	2	19,0	21,2	91	2,2	2
19,0	22,0	100	0,0	0	20,0	23,4	100	0,0	0

t / t'	21 <sup>0</sup>				t / t'	22 <sup>0</sup>			
	e	r	d	π		e	r	D	π

9,0	1,9	8	23,0	29	10,0	2,7	10	23,8	28
10,0	3,5	14	21,4	26	11,0	4,4	17	22,1	25
11,0	5,2	21	19,7	23	12,0	6,1	23	20,4	22
12,0	6,9	28	18,0	20	13,0	7,8	30	18,7	19
13,0	8,6	35	16,3	17	14,0	9,6	36	16,9	17
14,0	10,4	42	14,5	15	15,0	11,5	43	15,0	14
15,0	12,3	50	12,8	12	16,0	13,4	51	13,1	12
16,0	14,2	57	10,7	10	17,0	15,4	58	11,1	10
17,0	16,2	65	8,7	8	18,0	17,5	66	9,0	7
18,0	18,3	73	6,6	6	19,0	19,0	74	6,9	5
19,0	20,4	82	4,5	4	20,0	21,8	82	4,7	3
20,0	22,6	91	2,3	2	21,0	24,1	91	2,4	2
21,0	24,9	100	0,0	0	22,0	26,5	100	0,0	0
t / t'	23 <sup>0</sup>				t / t'	24 <sup>0</sup>			
10,0	2,0	7	26,1	30	11,0	2,8	9	27,1	29
11,0	3,6	13	24,5	27	12,0	4,5	15	25,4	26
12,0	5,3	19	22,8	24	13,0	6,2	21	23,7	24
13,0	7,0	25	21,1	22	14,0	8,0	27	21,9	21
14,0	8,8	31	19,3	19	15,0	9,9	33	20,0	18
15,0	10,7	38	17,4	16	16,0	11,8	40	18,1	16
16,0	12,6	45	15,5	14	17,0	13,8	46	16,1	13
17,0	14,6	52	13,5	11	18,0	15,9	53	14,0	11
18,0	16,7	59	11,4	9	19,0	18,0	60	11,9	9
19,0	18,8	67	9,3	7	20,0	20,2	68	9,7	7
20,0	21,0	75	7,1	5	21,0	22,5	75	7,4	5
21,0	23,3	83	4,8	3	22,0	24,9	83	5,0	3
22,0	25,7	91	2,4	2	23,0	27,3	91	2,6	2
23,0	28,1	100	0,0	0	24,0	29,9	100	0,0	0
t / t'	25 <sup>0</sup>				t / t'	25 <sup>0</sup>			
11,0	2,0	6	29,7	32	21,0	21,7	68	10,0	7
12,0	3,7	12	28,0	29	22,0	24,1	76	7,6	6
13,0	5,4	17	26,3	26	23,0	26,5	84	6,2	3
14,0	7,2	23	24,5	23	24,0	29,1	92	2,6	1
15,0	9,1	29	22,6	20	25,0	31,7	100	0,0	0
16,0	11,0	35	20,7	18					
17,0	13,0	41	18,7	15					
18,0	15,1	48	16,6	13					
19,0	17,2	54	14,5	11					
20,0	19,4	61	12,3	9					

Примечание. Психрометрические таблицы составлены для целых градусов, поэтому показания термометров следует округлять.

*Пример.* Температура сухого термометра аспирационного психрометра равна 22°C, температура смоченного термометра – 18°C, давление воздуха (p)– 1000 мб. По сухому и



смоченному термометрам находим поправочное число «п», оно равно 7. В приложении 5 по «п» и «р» находим поправку к смоченному термометру  $\Delta t$ , она равняется  $+0,2^{\circ}\text{C}$ . Прибавляем ее к показаниям смоченного термометра, получаем 18,2 и округляем до  $18^{\circ}\text{C}$ . Далее по температуре сухого термометра  $t = 22^{\circ}\text{C}$  и смоченного термометра  $t = 18^{\circ}\text{C}$  находим: упругость водяного пара  $e = 17,5$  мб, относительную влажность  $r = 66\%$ , дефицит влажности воздуха  $d = 9,0$  мб.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Поправки к смоченному термометру $\Delta t'$

П	Для аспирационного психрометра (все поправки со знаком «+»)										р	Для стационарного психрометра	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		п от - до	поправка
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	1030	0-8	0,0
10	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5		9-24	0,1
20	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8		25-32	-0,2
30	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1			
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	1020	0-12	0,0
10	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6		13-32	-0,1
20	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9			
30	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2			
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	1010	0-25	0,0
10	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6		26-32	-0,1
20	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0			
30	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2			
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	1000	0-32	0,0
10	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6			
20	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0			
30	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3			
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	990	0-25	0,0
10	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7		26-32	0,1
20	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0			
30	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4			
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	980	0-12	0,0
10	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7		13-32	0,1

20	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1			
30	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4			
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	970	0-9	0,0
10	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7		10-24	0,1
20	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1		25-32	0,2
30	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5			

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Упругость водяного пара (е, мм. рт. ст.) и относительная влажность воздуха (г, %)

Показания термометра t	Разность в отсчетах температур между сухим и смоченным термометром, °C									
	0		1		2		3		4	
	е	г	е	г	е	г	е	г	е	г
-5	3,2	100	2,4	77	1,7	54	1,0	32	-	-
-4	3,4	100	2,7	78	1,9	57	1,2	36	-	-
-3	3,7	100	2,9	79	2,2	59	1,4	39	-	-
-2	4,0	100	3,2	80	2,4	61	1,7	42	0,9	24
-1	4,3	100	3,5	81	2,7	63	1,9	45	1,2	27
0	4,6	100	3,8	82	3,0	65	2,2	48	1,4	31
1	4,9	100	4,1	83	3,3	66	2,5	50	1,7	34
2	5,3	100	4,4	84	3,6	68	2,8	52	2,0	37
3	5,7	100	4,8	84	3,9	69	3,1	54	2,3	40
4	6,1	100	5,2	85	4,3	70	3,4	56	2,6	42
5	6,5	100	5,6	86	4,7	72	3,8	58	2,9	45
6	7,0	100	6,0	86	5,1	74	4,2	60	3,3	47
7	7,5	100	6,5	87	5,5	74	4,6	61	3,7	49
8	8,0	100	7,0	87	6,0	75	5,0	63	4,1	51
9	8,6	100	7,5	88	6,5	76	5,5	64	4,5	53
10	9,2	100	8,1	88	7,0	76	6,0	65	5,0	54
11	9,8	100	8,7	88	7,6	77	6,5	66	5,5	56
12	10,5	100	9,3	89	8,2	78	7,1	68	6,0	57
13	11,2	100	10,0	89	8,6	79	7,7	69	6,6	59
14	12,0	100	10,7	90	9,5	79	8,3	70	7,2	60
15	12,8	100	11,5	90	10,2	80	9,0	71	7,8	61
16	13,6	100	12,3	90	11,0	81	9,7	71	8,5	63
17	14,5	100	13,1	90	11,8	81	10,5	72	9,2	64
18	15,5	100	14,0	91	12,6	82	11,3	73	10,0	65
19	16,5	100	15,0	91	13,5	82	12,1	74	10,8	66
20	17,5	100	16,0	91	14,5	83	13,0	74	11,6	66
21	18,7	100	17,0	92	15,5	83	14,0	75	12,5	67
22	19,8	100	18,2	92	16,5	83	15,0	76	13,5	68
23	21,1	100	19,3	92	17,6	84	16,0	76	14,5	69
24	22,4	100	20,6	92	18,8	84	17,2	77	15,5	69
25	23,8	100	21,9	92	20,1	84	18,3	77	16,7	70
26	25,2	100	23,3	92	21,4	85	19,6	78	17,8	71
27	26,7	100	24,7	92	22,8	85	20,9	78	19,1	71
28	28,4	100	26,2	93	24,2	85	22,3	78	20,4	72
29	30,1	100	27,9	93	25,8	86	23,7	79	21,8	72
30	31,8	100	29,6	93	27,4	86	25,2	79	23,2	73

Показания термометра Т	Разность в отсчетах температур между сухим и смоченным термометром, °С										
	5		6		7		8		9		
	е	г	е	г	е	г	е	г	е	г	
-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1,2	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1,5	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1,8	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	2,1	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2,4	35	1,6	23	-	-	-	-	-	-	-
7	2,8	37	1,9	26	1,1	14	-	-	-	-	-
8	3,2	40	2,3	29	1,4	18	-	-	-	-	-
9	3,6	42	2,7	31	1,8	21	-	-	-	-	-
10	4,0	44	3,1	34	2,2	24	1,3	14	-	-	-
11	4,5	46	3,5	36	2,6	26	1,7	17	0,8	8	
12	5,0	48	4,0	38	3,0	29	2,1	20	1,2	11	
13	5,5	49	4,5	40	3,5	31	2,5	23	1,6	14	
14	6,1	51	5,0	42	4,0	33	3,0	25	2,0	17	
15	6,7	52	5,6	44	4,5	36	3,5	27	2,5	20	
16	7,3	54	6,2	46	5,1	37	4,0	30	3,0	22	
17	8,0	55	6,8	47	5,7	39	4,6	32	3,5	24	
18	8,9	56	7,5	49	6,3	41	5,2	34	4,1	27	
19	9,5	58	8,2	50	7,0	43	5,8	36	4,7	29	
20	10,3	59	9,0	51	7,7	44	6,5	37	5,3	30	
21	11,1	60	9,8	52	8,5	46	7,2	39	6,0	32	
22	12,0	61	10,6	54	9,3	47	8,0	40	6,7	34	
23	13,0	61	11,5	55	10,1	48	8,8	42	7,5	36	
24	14,0	62	12,5	56	11,0	49	9,6	43	8,3	37	
25	15,0	63	13,5	57	12,0	50	10,5	44	9,1	38	
26	16,1	64	14,5	58	13,0	51	11,5	46	10,0	40	
27	17,3	65	15,7	59	14,0	52	12,5	47	11,0	41	
28	18,6	65	16,8	59	15,2	53	13,5	48	12,0	42	
29	19,9	66	18,1	60	16,3	54	14,7	49	13,0	43	
30	21,3	67	19,4	61	17,6	55	15,8	50	14,1	44	

Примечание: 1 мм = 1,333 мб.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Приведение показаний барометра к нормальной силе тяжести. Поправка на широту, мм

Широта, град.		Давление воздуха, мм.рт.ст.						
вычитать	прибавл.	720	730	740	750	760	770	780
25	65	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3
27	63	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
29	61	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
31	59	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0
33	57	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
35	55	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
37	53	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
39	51	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
41	49	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
43	47	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
45	45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Приведение показаний ртутного барометра к температуре 0°C, мм

Температура, °С	Давление, мм.рт.ст.						
	720	730	740	750	760	770	780
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
9	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
10	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3
11	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
12	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
13	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7
14	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8
15	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
16	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
17	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2
18	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3
19	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
20	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
21	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7
22	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8
23	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9
24	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
25	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2

Примечание. Числа, указанные в таблице, вычитают из показаний ртутного барометра при температурах выше 0°C и прибавляют при температурах ниже 0°C.