

Г.Н.Гребенюк

Г.К.Ходжаева

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Учебно-практическое пособие



**Издательство
Нижевартовского государственного
гуманитарного университета
2012**

ББК 26.23
Г 79

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета
Нижевартовского государственного гуманитарного университета

Рецензенты:

кандидат географических наук, доцент, зав. кафедрой
физической географии и экологии ФГБОУ ВПО ТюмГУ;
В.Ю.Хорошавин;

начальник ФГБУ «Омский ЦГМС-Р»
(Омский центр по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды с региональными функциями)
Н.И.Криворучко

Гребенюк Г.Н., Ходжаева Г.К.

Г 79 Метеорология и климатология: Учебно-практическое посо-
бие. — Нижневартовск: Изд-во Нижнеарт. гуманит. ун-та, 2012. —
180 с.

ISBN 978–5–89988–963–9

В настоящем пособии представлены практические работы по курсу «Метеорология и климатология», которые, по усмотрению преподавателя, могут проводиться как семинарские занятия или как лабораторные работы.

Для студентов, обучающихся по направлениям 280100.62 — «Природообустройство и водопользование»; 050100.62 — «Педагогическое образование», профиль «География»; 020800.62 — «Экология и природопользование».

ББК 26.23

ISBN 978–5–89988–963–9

© Гребенюк Г.Н., Ходжаева Г.К., 2012
© Дементьева Т.В., художественное
оформление, 2012
© Издательство НГГУ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-практическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям: 510800 — «География» (бакалавриат); 020800.62 — «Экология и природопользование»; 050100.62 — «Педагогическое образование», профиль «География»; 020800.62 — «Экология»; 280100.62 — «Природообустройство и водопользование»; 020401.65 — программы переподготовки специалистов «География».

Материал настоящего издания может быть использован при изучении дисциплины «Метеорология и климатология» цикла общепрофессиональных дисциплин (ОПД.Ф.03 и ОПД.Ф.07), а также «Гидрология, климатология и метеорология» естественно-научного цикла (ЕН.Б.04).

На освоение дисциплины «Метеорология и климатология» в учебных планах отводится 7 зачетных единиц. Согласно учебному плану по ФГОС третьего поколения на изучение метеорологии и климатологии предусмотрено 60 часов лекционных занятий, 30 часов лабораторных занятий и 32 часа практических занятий. Освоение дисциплины завершается сдачей экзамена. Материал пособия может быть востребован при изучении таких тем, как «Радиационный и тепловой режимы атмосферы», «Вода в атмосфере», «Барическое поле», «Климатообразование».

Изучение этих тем позволяет сформировать у студентов следующие компетенции:

— представление о строении оболочек Земли и составе воздуха, их взаимодействии и эволюции, о факторах пространственной физико-географической дифференциации, об общих законах круговоротов вещества и потоков энергии, знание периодического закона географической зональности, понимание структуры и динамики географической оболочки, ее единства;

— представление о процессах преобразования солнечной радиации в атмосфере, тепловом и водном режимах, основных циркуляционных системах, определяющих изменения погоды и климата в различных широтах, о климатической системе, процессах климатообразования, крупномасштабных изменениях климата и современном потеплении климата;

— представление о процессах общей циркуляции атмосферы, процессах испарения и конденсации влаги, выпадения осадков, опасных метеорологических явлениях и мерах борьбы с ними, о типах климата и факторах их формирования; знание закономерностей и основных факторов формирования речного стока; об организации и методах гидрологических наблюдений и исследований;

— знание основных закономерностей радиационного и теплового режимов атмосферы Земли, факторов формирования климата, классификации климатов, тенденций изменения климата в глобальном и региональном аспектах; умение вести наблюдательную работу и выполнять климатологический анализ метеорологических данных;

— знание основных принципов, законов и закономерностей пространственно-временной организации геосистем локального и регионального уровней, представление об основных типологиях и классификациях ландшафтов, природно-антропогенных геосистемах;

— представление о технологии создания карт изотерм и изобар, умение выполнять авторские разработки карт, анализировать карты с применением средств картометрии и математической статистики и извлекать из них нужную информацию, ориентироваться в современных картографических фондах;

— знание фундаментальных теорий и категорий географической науки, умение выделять географический аспект научного исследования природных и социально-экономических объектов, понимать коэволюционный характер взаимодействия природы и общества, анализировать географическую специфику глобальных проблем современности;

— умение использовать методы метеорологических наблюдений, методы расчета нормативных характеристик осадков, испарения, ветра при проектировании водохозяйственных природоохранных объектов;

— владение методами метеорологических наблюдений, методами расчета нормативных характеристик осадков, испарения и ветра при проектировании водохозяйственных и природоохранных объектов; приемами и способами получения, обработки, анализа и оценки достоверности материалов метеорологических

измерений и метеорологической информации; методами расчета основных метеорологических характеристик.

В процессе выполнения практических работ по основным разделам курса студенты более глубоко усваивают учебный материал в целом, приобретают элементарные навыки экспериментирования, знакомятся с приборами, получают навыки простейших метеорологических, градиентных и актинометрических наблюдений.

Материал учебно-практического пособия разбит по темам курса. Каждая практическая работа состоит из двух частей: теоретической, в которой кратко изложен важный теоретический материал по теме, и практической. Методики по эксплуатации метеорологических наблюдений приведены в соответствии с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам» [32], определяющим основные положения по организации и проведению комплекса приземных метеорологических наблюдений с учетом рекомендаций ВМО.

Сведения об устройстве приборов, конструкции установок, их обслуживанию приводятся в теоретической части, некоторые справочные материалы вынесены в приложения.

Рисунки, приведенные в работе, не являются авторскими, они взяты из справочной литературы [25; 32]

Пособие содержит задания, предназначенные для выполнения студентами, в конце каждой темы размещены вопросы для самопроверки.

Контрольные вопросы со знаком * рекомендуются для реферативной работы с обязательным последующим изложением и обсуждением материала на занятиях.

Авторы выражают глубокую благодарность заместителю руководителя Обь-Иртышского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии Н.Н.Криворучко, начальнику Омского Гидрометцентра Л.А.Литовкиной и заведующему кафедрой физической географии и экологии ФГБОУ ВПО ТюмГУ В.Ю.Хорошавину за предоставленные научные консультации.

Глава 1

ОСНОВЫ МЕТЕОРОЛОГИИ. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Атмосфера — один из компонентов среды, окружающей человека. Ее состояние влияет практически на все стороны человеческой деятельности и на биоту. В связи с этим общий курс «Метеорология и климатология» находится в числе фундаментальных, определяющих образование географа, гидролога, океанолога, геоэколога.

Первая наиболее четкая система знаний об атмосферных явлениях была разработана Аристотелем. Зарождение метеорологии как самостоятельной науки связано с появлением специальных приборов, таких как термометр, барометр, дождемер, адаптированные приборы для определения скорости и направления ветра. Начало специальных измерений с помощью этих приборов относится к первой половине XVII в., когда Галилеем и его учениками были использованы приборы и предложены методы измерений [21].

Во второй половине XVIII в. начало свою деятельность Мангеймское метеорологическое общество, которое создало сеть из 39 станций с едиными приборами, в том числе три в России.

В 1849 г. в Петербурге была организована Главная геофизическая обсерватория.

В 1873 г. состоялся Первый международный метеорологический конгресс в Вене, а в 1879 г. был проведен второй конгресс, участником которого был Д.И. Менделеев. После Второй мировой войны при ООН была создана Всемирная метеорологическая организация (ВМО), которая действует и в настоящее время.

Всемирная метеорологическая организация содействует расширению гидрометеорологического обеспечения народов всего мира, следит за стандартами состава и сроков метеорологических наблюдений, приборов, точности измерений, выполняет ряд других важных функций.

Целью курса метеорологии и климатологии является ознакомление студентов с основными знаниями об атмосфере, происходящими в ней физическими и химическими процессами, формирующими погоду и климат.

Основной задачей практического курса является изучение, качественное и количественное описание характеристик, определяющих состояние атмосферы, происходящих в ней явлений.

В ходе занятий учащиеся знакомятся со строением атмосферы; составом воздуха; пространственным распределением на земном шаре давления, температуры, влажности; процессами преобразования солнечной радиации в атмосфере; тепловым и водным режимами; свойствами основных циркуляционных систем, определяющих изменения погоды в различных широтах;

Во время практических работ студенты изучают приборы и приобретают навыки простейших метеорологических, градиентных и актинометрических наблюдений.

Они получают представление о климатической системе, взаимоотношении глобального и локального климатов, процессами климатообразования, системами классификации климатов, крупномасштабных изменениях климата.

Первое практическое занятие предваряют подготовительные задания — составление списка рекомендуемой преподавателем литературы, изучение номенклатуры, начало наблюдений за погодой.

Задание 1. Начните составлять перечень книг по метеорологии и климатологии с описанием.

Для составления библиографии необходимы карточки. На лицевой стороне каждой карточки указывают автора, название книги или статьи, место и год издания, количество страниц, на оборотной стороне — краткое содержание работы, рекомендации по ее использованию в учебной практике.

Пример заполнения карточки

лицевая сторона

Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2001. 528 с.
--

оборотная сторона

Учебник составлен в соответствии с требованиями государственных стандартов
--

Карточки делают из плотной бумаги размером 13х7,5 см (их можно изготовить самим или приобрести в специальных магазинах). Книжный каталог литературы должен быть у каждого студента, он создается постепенно в процессе обучения и постоянно пополняется при изучении различных разделов курса.

С первого же занятия начинается самостоятельная работа по изучению номенклатуры: студенты заносят в тетрадь название специальных метеорологических измерительных приборов и их назначение, стараясь запомнить информацию.

Задание 2. Начните наблюдения за погодой. Возьмите тетрадь в клеточку и надпишите на обложке «Дневник погоды за _____ (месяц) 20__г.». На первой странице поместите условные обозначения метеорологических явлений.

На развороте второй и третьей страниц начертите таблицу ежедневных наблюдений по следующей форме.

Календарь за _____ (месяц) 20 __г.

Дата	Часы	Температура, °С		Атмосферное давление, мм рт.ст.	Ветер		Облачность и виды облаков	Осадки	Другие явления в природе	Вывод о погоде за день	Примечания
		Наблюдения	Средняя		Направление	Сила в баллах					

Задание 3. Назовите методы и возможные пути изучения географической оболочки.

Задание 4. Обоснуйте значимость курса «Метеорология и климатология» в подготовке географа.

Практическая работа № 1

Атмосфера, строение атмосферы

Цель работы: знакомство с основными знаниями об атмосфере и ее строении, происходящими в ней физическими и химическими процессами, формирующими погоду и климат.

Атмосфера — это газовая оболочка Земли с содержащимися в ней аэрозольными частицами, движущаяся вместе с Землей в мировом пространстве как единое целое и одновременно принимающая участие во вращении Земли. На дне атмосферы в основном протекает вся жизнь.

Атмосфера состоит из смеси газов — воздуха, в котором во взвешенном состоянии находятся пыль, капельки, кристаллы и т.п. Водяной пар также входит в состав воздуха, однако в отличие от большинства других газов его процентная доля существенно меняется с высотой, и даже у поверхности земли содержание водяных паров значительно меняется как во времени, так и в пространстве. В меньшей мере колеблются доли диоксида углерода и озона. Процентное отношение других газов меняется в пространстве атмосферы незначительно. Поэтому в метеорологии существуют понятия сухого воздуха и влажного воздуха.

Воздух-газ, в отличие от воды, сжимаем, поэтому с высотой плотность его убывает, и атмосфера постепенно сходит на нет (переходит в космическое пространство) без резкой границы.

Половина всей массы атмосферы сосредоточена в нижних 5 км, три четверти — в нижних 10 км, девять десятых — в нижних 20 км. Но присутствие воздуха — чем выше, тем все более разреженного — обнаруживается до очень больших высот.

Полярные сияния указывают на наличие атмосферы на высотах 1000 км и более. Полеты спутников на высотах в несколько тысяч километров также происходят в атмосфере, хотя и чрезвычайно разреженной [46].

Атмосферные процессы вблизи земной поверхности и в нижних 30—40 км атмосферы особенно важны с практической точки зрения и наиболее изучены. Но и высокие слои, отдаленные от земной поверхности на десятки, сотни и тысячи километров, приобрели большое практическое значение.

В высоких слоях атмосферы происходит поглощение ультрафиолетового и корпускулярного солнечного излучения, которое вызывает различные фотохимические реакции разложения нейтральных газовых молекул на электрически заряженные атомы. Поэтому высокие слои сильно ионизированы и обладают очень большой электрической проводимостью. В этих слоях наблюдаются такие явления, как полярные сияния и постоянное свечение воздуха, создающие так называемый ночной свет неба; электрическое состояние высоких слоев определяет условия распространения радиоволн, в них происходят сложные микрофизические процессы, связанные с космическим излучением [51].

Учением о физических (и химических) процессах в высоких слоях атмосферы занимается особая научная дисциплина — *аэрономия* (или физика верхней атмосферы).

Атмосферные процессы на разных высотах связаны между собой, поэтому для понимания причин изменения погоды у земной поверхности необходимо изучать всю толщу атмосферы, особенно до 30—40 км.

Слоистая структура атмосферы — результат температурных изменений на разных высотах. От поверхности Земли вверх существуют следующие слои:

- тропосфера,
- стратосфера,
- мезосфера,
- термосфера,
- экзосфера.

Название самого нижнего слоя атмосферы, начинающегося у земной поверхности, происходит от греческого слова «тропос», что означает «вращаться, перемешиваться». Высота тропосферы непостоянна и зависит от географической широты места, времени года, циркуляции. Граница атмосферы на одной и той же широте летом выше и ниже зимой. В умеренных широтах мощность атмосферы составляет 9—12 км, близко к полюсам она меньше — порядка 8—10 км, к экватору больше — 16—18 км. Воздух в тропосфере движется не только в горизонтальном и вертикальном направлении, но и постоянно перемешивается. При некоторых условиях атмосферной циркуляции воздушных масс в отдельных ограниченных слоях тропосферы можно наблюдать *инверсию*

(увеличение температуры с высотой) или *изотермию* (температура с высотой не меняется) [21].

Именно в тропосфере образуются облака, так как здесь сосредоточена основная масса водяного пара, выпадают осадки и происходят другие метеорологические явления.

В пределах самой тропосферы также выделяются характерные слои воздуха. В частности, самый верхний слой толщиной приблизительно в 1 км, в пределах которого наблюдается постоянство температуры, называют *тропопаузой*. Слой воздуха от поверхности Земли до 1—1,5 км обычно выделяют как *слой трения* (воздуха о земную поверхность), или *планетарный пограничный слой*, а самый нижний слой до высоты 100 м называют *приземным*.

Стратосфера располагается над тропопаузой и распространяется примерно до высоты 50 км. Отличительная особенность ее — повышение температуры с высотой. Самый верхний слой стратосферы — *стратопауза*, где температура практически не меняется с высотой. Следует заметить, что водяных паров в стратосфере почти не существует и соответственно облачность не развивается.

Над стратосферой находится *мезосфера*, в которой температура понижается с высотой. Мезосфера распространяется примерно до высоты 80 км и заканчивается *мезопаузой*.

Термосфера отличается резким возрастанием температуры в ее пределах в связи с очень большими скоростями газовых молекул и атомов. Иногда термосферу называют ионосферой, поскольку содержание ионов здесь очень велико.

Экзосфера располагается выше термосферы, содержит только очень небольшое число атомов газа, которые движутся здесь с такой скоростью, что преодолевают притяжение Земли и улетают в космическое пространство.

Практические задания

1. Перечислите примеры зависимости состояния атмосферы от деятельности человека.
2. Составьте тематический конспект и реферат-презентацию к докладу по данной теме.

Контрольные вопросы

1. Каков состав атмосферы? До какой высоты от поверхности земли распространяется атмосфера? Охарактеризуйте строение атмосферы.
2. Как влияет атмосфера на температурный режим планеты? Каковы суточные контрасты температур?
- 3.*Как образуется озон и каково его влияние на температуру высоких слоев атмосферы? Чем отличается состав высоких слоев атмосферы от состава нижних ее слоев?

Практическая работа № 2

Метеорология и климатология

Цель работы: знакомство с метеорологией как наукой в системе наук о Земле и ее разделом климатологией, с целями, задачами и методами метеорологии и климатологии.

Метеорология — наука о земной атмосфере, ее строении, свойствах и происходящих в ней явлениях и процессах. Предметом изучения метеорологии является атмосфера — воздушная оболочка, окружающая земной шар. Теоретической основой метеорологии служат общие законы физики и химии, записанные применительно к атмосфере. Главными задачами метеорологии являются описание состояния атмосферы в данный физический момент времени и прогноз ее состояния на будущее.

Наряду с *физической метеорологией* развивается как важная часть единой науки *синоптическая метеорология*, основной задачей которой является анализ фактического состояния погоды и ее прогноз.

Особое место в метеорологии занимает детальное исследование свободной атмосферы — *аэрология*. В настоящее время сформировалась новая ветвь аэрологии — *аэрономия* как наука о самых верхних слоях атмосферы — внешней атмосфере. Такие ветви метеорологии, как *микрометеорология* (физика приземного слоя), *агрометеорология*, *строительная климатология* и др., исследуют свои специфические проблемы [42].

Процессы, происходящие в атмосфере, возникают и развиваются в основном в результате превращений энергии, поступающей к Земле от Солнца. При изучении этих процессов широко используются законы, установленные в различных областях физики (гидромеханике, термодинамике, учении о лучистой энергии и т.д.). Поскольку атмосфера находится в постоянном взаимодействии с поверхностью Земли, при изучении процессов, происходящих в ней, учитывается также влияние географических факторов (характера поверхности, особенностей рельефа и т.д.). Это сближает метеорологию, науку в основном физическую, с географическими науками. Кроме того, метеорология тесно связана с гидрологией и океанологией, с которыми ее роднит взаимосвязь

процессов, происходящих в жидкой и газообразной оболочках Земли, а также с рядом дисциплин прикладного характера.

Практическими задачами метеорологии являются: 1) обеспечение отраслей экономики метеорологической информацией с целью наиболее полного и эффективного использования благоприятных условий погоды и климата и сокращения до минимума ущерба от опасных метеорологических явлений; 2) повышение оправдываемости и увеличение заблаговременности прогнозов метеорологических условий, в том числе опасных метеорологических явлений.

Для характеристики состояния атмосферы используется ряд метеорологических величин. К основным метеорологическим величинам относятся: температура, давление, плотность и влажность воздуха; скорость и направление ветра; количество, высота и толщина облаков; интенсивность осадков, метеорологическая дальность видимости, водность туманов, облаков и осадков; потоки лучистой энергии и тепла и др.

Кроме метеорологических величин выделяют еще атмосферные явления. К ним относятся туман, гроза, гололед, пыльная (песчаная) буря, роса, иней, полярные сияния и др.

Существенная особенность метеорологических величин и явлений состоит в их непрерывном и сравнительно быстром изменении во времени и пространстве. Непрерывно изменяющееся состояние атмосферы, характеризующееся в определенный момент времени совокупностью метеорологических величин и явлений, называется *погодой*. При этом можно говорить о погоде в определенной точке пространства, в том или ином районе, в городе, по маршруту, трассе и т.д.

С понятием «погода» тесно связано понятие «климат». *Климатом* называется средний за многолетний период режим условий погоды, характерный для данной местности. Климат, в отличие от погоды, обладает относительной устойчивостью и является важной физико-географической характеристикой местности.

Климатология — это раздел метеорологии, изучающий закономерности формирования климатов Земли, их распределения по Земному шару и изменения в прошлом и будущем.

Все атмосферные движения протекают на планете Земля с характерными только для нее очертаниями материков и океанов,

строением рельефа, распределением рек, морей, ледникового, снежного покровов и растительности. Это определяет географичность метеорологии и климатологии и их вхождение в комплекс географических наук [46].

Атмосферные условия, определяющие климат каждого места, испытывают периодические изменения в годовом ходе — от зимы к лету и от лета к зиме. Кроме периодических изменений совокупность атмосферных условий несколько изменяется от года к году. Это называется межгодовой изменчивостью атмосферных условий.

Климат связан с другими составляющими географического ландшафта благодаря существованию тесных зависимостей между атмосферными процессами и состоянием земной поверхности, включая Мировой океан.

Главными задачами климатологии являются изучение глобальной климатической системы и прогноз возможных изменений глобального и локального климатов на ближайшее время и на далекую перспективу.

Сведения о фактическом состоянии атмосферы, о явлениях, происходивших в ней в прошлом, и предсказания того, что ожидается в будущем, называют *метеорологической информацией*.

Метеорологическая информация подразделяется на:

- регулярную, передаваемую в определенные сроки в соответствии с планом обслуживания;
- экстренную (штормовую), в которой сообщается о возникновении опасного явления погоды, а также об его усилении или окончании;
- эпизодическую, предоставляемую по отдельным запросам обслуживаемых организаций;
- специальную, предназначенную для отдельных отраслей народного хозяйства (например, метелевые оповещения для железнодорожного транспорта).

Основной формой метеорологической информации является ежедневный бюллетень погоды и состояния загрязнения природной среды. Он содержит схематическую карту погоды, обзор основных явлений погоды за прошедшие сутки, прогноз погоды на 1—3 суток, климатические данные.

Важнейшим видом оперативного метеорологического обслуживания являются прогнозы погоды, которые разделяют по следующим признакам:

1) по территории:

а) по пункту (город, аэропорт и т.п.);

б) по линии (авиационная трасса, железная дорога, река и т.п.);

2) по заблаговременности:

а) краткосрочные (до 72 часов);

б) среднесрочные (от 3 до 10 суток);

в) долгосрочные (на месяц и на сезон);

3) по содержанию:

а) предупреждения об опасных явлениях погоды, к которым относятся: сильный ветер, шквал, ухудшение видимости, метели, интенсивные осадки, град, гололедно-изморозевые отложения, резкие изменения температуры воздуха, очень высокие и очень низкие температуры воздуха, заморозки и другие явления;

б) прогнозы погоды общего пользования, публикуемые для общего сведения и не имеющие определенной специфики (РД 52.27.724-2009);

в) специализированные прогнозы погоды, составляемые для метеорологического обеспечения авиации, сельского хозяйства, железнодорожного транспорта, речного флота, морского флота, лесосплава, рыбной промышленности, электростанций и т.п. [31]

В краткосрочных прогнозах погоды общего пользования на день указывается ожидаемая максимальная температура воздуха, а на ночь — минимальная.

На современном этапе развития метеорологии из нее выделилось несколько частных дисциплин, изучающих различные стороны атмосферных процессов. К таким дисциплинам относятся прежде всего физика атмосферы, изучающая физические закономерности атмосферных явлений; синоптическая метеорология, изучающая формирование погоды и разрабатывающая методы ее предсказания; динамическая метеорология, изучающая теоретические вопросы физики атмосферы на основе решения математических уравнений гидродинамики, термодинамики и др.

В процессе использования метеорологических сведений выделились прикладные разделы метеорологии. Важнейшими из них являются сельскохозяйственная метеорология (агрометеорология),

авиационная метеорология, морская метеорология, космическая метеорология, военная метеорология, медицинская и биометеорология и др.

Практические задания

1. Составьте календарь природы текущего года, отразив в нем атмосферные явления Нижневартковского района.
2. Охарактеризуйте основные разделы метеорологии.

Контрольные вопросы

1. Что изучает метеорология? Что такое погода и климат, климатология?
2. Какие методы исследования применяются в метеорологии?
3. *Каково значение метеорологии для различных отраслей экономики? Дайте сравнительную характеристику на примерах отдельных отраслей.

Практическая работа № 3

Организационно-методические основы приземных метеорологических наблюдений

Цель работы: изучение основных требований к организации и производству приземных метеорологических наблюдений.

Метеорологические наблюдения представляют собой определение характеристик состояния и развития физических процессов в атмосфере при взаимодействии ее с подстилающей поверхностью и включают измерения метеорологических величин, характеризующих эти процессы, и определение основных характеристик наиболее важных атмосферных явлений (начало, конец, интенсивность, опасность для отраслей экономики).

Экспериментальные исследования в натуральных условиях по активному воздействию на метеорологические процессы выполняются с целью разработки практических методов создания и рассеяния облаков, туманов, стимулирования или предотвращения осадков, борьбы с градом и др.

Теоретические методы базируются на использовании математических моделей различных атмосферных процессов. Важнейшим направлением этого метода является совершенствование техники прогнозов погоды [32].

Приземные метеорологические наблюдения производятся с целью получения информации для:

- непосредственного обеспечения отрасли экономики сведениями о метеорологических условиях в пункте наблюдений;
- оповещения получателей информации об опасных природных явлениях;
- обеспечения прогностических органов службы необходимыми данными для составления всех видов прогнозов метеорологических условий и предупреждений об ожидаемых неблагоприятных условиях;
- накопления и обобщения объективных данных о метеорологическом режиме и климате по территории района, области, республики и страны в целом.

Метеорологические наблюдения за состоянием верхних слоев атмосферы (тропосфера, стратосфера) до высоты около 40 км носят название *аэрологических* наблюдений. Наблюдения над

состоянием высоких слоев атмосферы можно назвать *аэрономическими*. Они отличаются от аэрологических наблюдений как по методике, так и по наблюдаемым параметрам.

Наиболее полные и точные наблюдения производятся в метеорологических и аэрологических обсерваториях. Кроме метеорологических обсерваторий наблюдения над основными метеорологическими величинами ведутся еще на метеорологических и аэрологических станциях, размещенных по всему земному шару.

Изучение географического распределения метеорологических величин и сравнение состояния атмосферы (погоды и климата) в различных местах Земли возможно при условии, что метеорологические станции в каждой стране и во всех странах мира ведут наблюдения однотипными приборами, по единой методике и в определенные часы суток. Поэтому станции в каждой стране и в мировом масштабе составляют единое целое — сеть метеорологических станций.

Метеорологические станции общегосударственной сети размещаются по возможности равномерно в местах, характерных для данного района. Это необходимо, чтобы показания станции были репрезентативными, т.е. показательными не только для ее ближайших окрестностей, но и для большого окружающего района.

Практические задания

1. Обоснуйте необходимость проведения основных приземных метеорологических наблюдений в нашем регионе.
2. Подготовьте реферат-презентацию по изучаемой теме.

Контрольные вопросы

1. Что такое метеорологические наблюдения, метеорологическая станция, метеорологическая сеть?
2. Какие основные требования предъявляются к метеонаблюдениям?
3. Чем отличаются аэрологические наблюдения от аэрономических и агрометеорологических наблюдений?

Практическая работа № 4

Метеорологическая площадка, программа и виды наблюдений

Цель работы: знакомство с планом метеорологической площадки и программой наблюдений на метеостанциях.

Метеорологическая площадка служит для установки приборов и оборудования, необходимых при производстве метеорологических наблюдений в приземном слое атмосферы.

Метеорологическая площадка выбирается на участке, характерном (типичном) для окружающей местности, который не отличается от окружающей территории какими-либо особенностями теплообмена и влагообмена подстилающей поверхности с атмосферой. Площадка должна иметь форму квадрата (со стороной 26 м), одна сторона которого ориентирована в направлении север—юг.

На станциях с неполной программой наблюдений (без наблюдений за температурой почвы на глубинах под естественным покровом) разрешается уменьшение площадки до размеров 20×16 м.

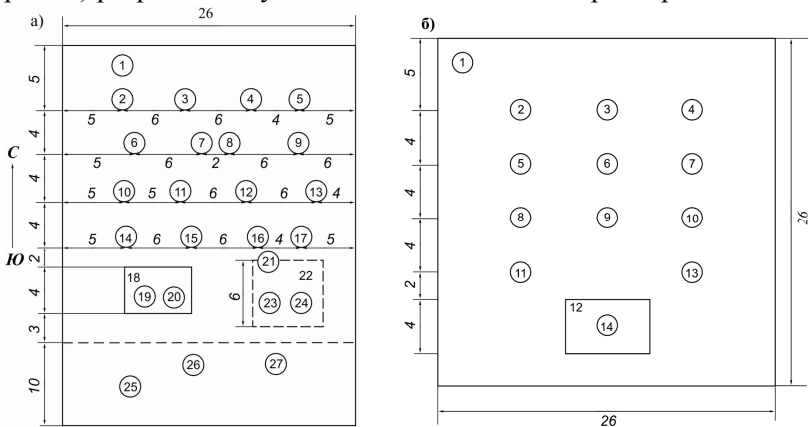


Рис. 1. План размещения оборудования и приборов на метеорологической площадке (расстояния указаны в метрах)

а — полная программа наблюдений: 1 — геодезический репер станции; 2 — флюгер с легкой доской; 3 — датчик анеморумбометра (анеморумбографа); 4 — флюгер с тяжелой доской; 5 — гололедный станок; 6 — будка психрометрическая; 7 — снегомерная рейка; 8 — будка психрометрическая запасная; 9 — будка для самописцев; 10 — прибор для измерения МДВ (например, установка М-53); 11 — осадкомер; 12 — пьювиограф; 13 — запасной столб осадкомера (для установки при снежном покрове); 14 — снегомерная рейка;

15 — гелиограф; 16 — ледоскоп; 17 — россограф; 18 — оголенный участок для установки напочвенных (19) и коленчатых термометров Савинова (20); 21 — снегомерная рейка; 22 — участок с естественным растительным покровом для установки почвенно-глубинных термометров (23) и мерзлотомера (24); 25 — установка для измерения вертикальных градиентов температуры и влажности воздуха; 26 — установка для измерения изменчивости скорости ветра с высотой; 27 — актинометрическая установка (стойка с приборами);

б — сокращенная программа наблюдений: 1 — геодезический репер станции; 2 — флюгер с легкой (тяжелой) доской; 3 — анеморумбометр; 4 — гололедный станок; 5 — будка психрометрическая; 6 — снегомерная рейка; 7 — будка психрометрическая запасная; 8 — осадкомер; 9 — плювиограф; 10 — запасной столб для осадкомера; 11, 13 — снегомерные рейки; 12 — оголенный участок для напочвенных термометров; 14 — напочвенные термометры.

Метеорологические приборы и оборудование на площадке должны быть размещены в соответствии с планом и строго по схеме согласно «Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам» (далее — Наставление) (рис. 1).

Мачты с анеморумбометром и флюгерами, а также гололедный станок устанавливаются в северной части площадки; психрометрическая будка и будка для самописцев, а также осадкомер и плювиограф размещаются в середине площадки; южная часть площадки отводится для наблюдений за температурой почвы.

Для производства актинометрических и теплобалансовых наблюдений площадка дополнительно увеличивается к югу, причем актинометрические и градиентные установки располагаются севернее почвенных установок.

Установки для других видов наблюдений (загрязнения атмосферы и др.) могут располагаться к западу и востоку от площадки.

Для сохранения поверхности метеорологической площадки в естественном состоянии на площадке прокладываются специальные дорожки шириной не менее 0,4 м, которые должны обеспечивать подход к психрометрическим будкам и будке для самописцев, а также к почвенным термометрам с северной стороны, к гелиографу — с юга.

Метеорологическая площадка должна быть огорожена для сохранения естественной поверхности площадки, а также для сохранности установленного на ней оборудования

Метеорологические наблюдения на всех станциях производятся в единые синхронные сроки наблюдений: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч московского (зимнего) времени, которые отличается на плюс

3 ч от среднего гринвичского, принятого за международное. В эти сроки производятся измерения температуры и влажности воздуха, характеристик ветра, атмосферного давления, температуры почвы, видимости, высоты нижней границы облачности, а также определение количества и форм облаков. Исключение составляют наблюдения за продолжительностью солнечного сияния, которые выполняются по истинному времени.

В сроки, ближайшие к 8 и 20 ч поясного декретного (зимнего) времени, производится измерение количества осадков, выпавших за ночную и дневную половину суток.

В срок, ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени, производятся наблюдения за состоянием подстилающей поверхности.

Наблюдения за атмосферными явлениями и состоянием погоды ведутся на станциях непрерывно в течение суток.

При наличии снежного покрова ежедневно производятся измерения высоты снежного покрова и определение характеристик его состояния (в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени), а также регулярно (один раз в 10 дней или один раз в 5 дней) снегосъемки на закрепленных маршрутах.

Последовательность производства наблюдений регламентируется Наставлением. Так, температура воздуха измеряется за 10 мин до срока наблюдений, например, в 2 ч 50 мин. Давление по барометру должно отсчитываться в 2 ч 58 мин.

Дистанционные и автоматические метеорологические станции

Дистанционные метеорологические станции (ДМС) представляют собой комплекс метеорологических приборов, показания которых дистанционно по кабелю передаются на приборный пульт, находящийся в помещении метеостанции. Применение ДМС позволяет ускорить и упростить процесс измерения метеорологических величин, освобождая наблюдателя от выхода из помещения к местам установки приборов и выполнения операций непосредственно в точках измерений. Все измерения выполняются в течение 1—2 минут.

Автоматические метеорологические станции (АМС) представляют собой телеметрические устройства, предназначенные для

автономного (без участия человека) измерения и передачи метеорологических величин. Они являются первичным звеном в автоматизированной системе получения, сбора, хранения метеорологической информации и передачи ее потребителю. Все АМС построены на принципе преобразования измеряемых величин в электрические импульсы, которые в закодированном виде передаются по каналам связи (радио или проводная линия связи).

Автоматические радиометеорологические станции (АРМС) устанавливаются в труднодоступных или необжитых районах (высокогорье, арктические острова, дрейфующие льды). В состав АРМС входят: комплект метеорологических, а при необходимости и гидрологических, датчиков; центральное устройство, осуществляющее обработку информации, поступающей от датчиков, хранение результатов до их передачи, формирование кода; радиопередающая аппаратура; источник питания — ветрогенератор с аккумулятором. Применяются также радиоизотопные источники энергии.

Среди дистанционных методов изучения атмосферы к настоящему времени наибольшее развитие получила метеорологическая радиолокация. Метеорологические радиолокаторы (МРЛ) предназначены для получения информации об облачности, осадках и связанных с ними опасных явлениях погоды. МРЛ широко применяются в службах сверхкраткосрочного прогноза погоды для метеообеспечения авиации. МРЛ позволяет в любое время суток и при любой погоде вести непрерывные наблюдения за состоянием тропосферы, получать вертикальные и горизонтальные разрезы метеорологических объектов, определять границы облаков, измерять интенсивность осадков, оценивать тенденцию и скорость развития метеорологических процессов.

Аэрологические наблюдения производятся методом зондирования атмосферы путем измерения метеорологических характеристик приборами, доставляемыми специальными воздушными шарами на высоты 30—35 км (максимально до 40—45 км). В настоящее время для зондирования используются радиозонды.

Во время подъема в атмосферу на свободно летящем шаре радиозонд измеряет метеорологические величины на разных высотах и результаты измерений передает по радио на наземную станцию слежения. Метеорологические величины (температура,

влажность воздуха, давление и др.) измеряются посредством чувствительных элементов (датчиков), а скорость и направление ветра на разных высотах определяют по координатам радиозонда, которые получают, наблюдая за ним в оптический теодолит или сопровождая его радиолокатором.

Данные сетевых аэрологических наблюдений используются в оперативной работе синоптиков при составлении прогнозов погоды, в авиации, а также научных целях.

Для изучения верхних слоев атмосферы, которая условно подразделяется на среднюю и верхнюю, применяется *ракетное зондирование*.

Для изучения средней атмосферы используются метеорологические ракеты, поднимающиеся на высоту до 80—100 км. Основными параметрами, измеряемыми с помощью метеорологических ракет, являются: давление, температура, плотность и газовый состав воздуха. В зависимости от программы исследований могут измеряться и другие характеристики.

Для изучения верхней атмосферы применяются мощные геофизические ракеты, поднимающиеся до высот более 100—450 км. Производятся измерения интенсивности солнечного и космического излучения, оптических свойств воздуха, его термодинамических и электрических свойств, магнитного поля Земли. Наряду с ракетным зондированием, относящимся к прямым методам измерений, для изучений верхней атмосферы применяются и косвенные методы с использованием радиолокации, метеолидаров (лазерных локаторов), СВЧ, оптической техники, а также искусственных спутников Земли.

В настоящее время ведется интенсивная работа по модернизации технических средств для измерений метеорологических характеристик, предназначенных как для стандартных измерений на наблюдательной сети гидрометслужбы, так и для научно-исследовательских целей.

В настоящее время разработчиками предлагаются обслуживаемые и необслуживаемые наземные метеорологические станции, предназначенные для сетевых наблюдений в системе гидрометслужбы (автоматические метеорологические станции).

Практические задания

1. Перечислите программы и время наблюдений, проводимые на метеостанциях.
2. Дайте характеристики ДМС (дистанционной метеорологической станции), АМС (автоматической метеорологической станции), АРМС (автоматической радиометеорологической станции), МРЛ (метеорологического радиолокатора).

Контрольные вопросы

1. В чем отличия метеорологических площадок с полной и неполной программой наблюдений? Дайте краткую характеристику.
2. Какие виды метеорологических наблюдений ведутся на станциях непрерывно в течение суток?
3. *Чем отличаются дистанционные и автоматические метеорологические станции?

Глава 2

РАДИАЦИОННЫЙ И ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМЫ

Практическая работа № 5

Измерение радиации.

Определение продолжительности солнечного сияния

Цель работы: изучение приборов и методик измерения радиации, определение продолжительности солнечного сияния.

Приборы и принадлежности: гелиограф универсальной модели ГУ-1, актинометр АТ-50, пиранометр универсальный М-80, походный альбедометр АПЗхЗ, балансомер М-10М.

Солнце — основной источник энергии всех процессов, совершающихся на земном шаре. Вся биосфера, все формы жизни существуют только за счет солнечной энергии.

В метеорологии различают потоки коротковолновой (с длиной волн λ от 0,1 до 4 мкм) и длинноволновой ($\lambda = 4—120$ мкм) радиации. К коротковолновой относятся прямая солнечная S , рассеянная D , суммарная Q и отраженная R радиации, к длинноволновой — излучение деятельной поверхности E_z и атмосферы E_a . Интенсивность (энергетическая освещенность) радиации в системе СИ измеряется в ваттах на 1 м^2 ($\text{Вт}/\text{м}^2$), ранее она измерялась в калориях на 1 см^2 в минуту ($\text{кал}/(\text{см}^2\text{мин})$). Интенсивность радиации $1 \text{ кал}/(\text{см}^2\text{мин})$ соответствует $698 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (1 калория равна 4,187 Дж). Интенсивность радиации на перпендикулярную к солнечным лучам поверхность за пределами атмосферы называется *солнечной постоянной* и обозначается S_0 . Она равна $1,38 \text{ кВт}/\text{м}^2$. У земной поверхности интенсивность радиации значительно меньше, так как при прохождении атмосферы радиация ослабляется вследствие процессов отражения, поглощения и рассеивания.

Количество коротковолновой радиации, поглощенной деятельной поверхностью, называется балансом коротковолновой радиации:

$$B_K = Q (1 - A),$$

где A — отражательная способность поверхности (альбедо).

Разность интенсивностей длинноволнового излучения деятельной поверхности и атмосферы называют эффективным излучением:

$$E_{эф} = E_z - E_a.$$

Общий приходе-расход радиации для деятельной поверхности называется полным радиационным балансом:

$$B = Q (1 - A) - E_{эф}.$$

Солнечная радиация является по существу единственным источником энергии для Земли. За счет этой энергии протекают практически все процессы в атмосфере и на подстилающей поверхности. Под влиянием солнечной радиации возникло и существует все разнообразие жизни на Земле. Солнечная радиация является важнейшим климатообразующим фактором. Особенно большое влияние оказывает солнечная радиация на растительность и лесные биогеоценозы в целом. Все жизненно важные процессы в них протекают за счет использования солнечного тепла и света. Примерно половина энергии солнечной радиации, поступающей к земной поверхности, имеет длины волн от 0,38 до 0,71 мкм и является фотосинтетически активной (ФАР). Около 2—4% ФАР используется растениями непосредственно при фотосинтезе.

Для измерения радиации используются в большинстве случаев термоэлектрические приборы [27]. Приемниками их являются термобатареи разных конструкций. Отдельные термоэлементы батарей изготавливаются из чередующихся полосок различных металлов или сплавов, спаянных между собой (термоспаи). Обычно для устройства термоэлементов используют константан и манганин. Одна половина спаев закрашивается белой краской, другая — черной. При поступлении радиации на такой термоэлемент спай под черной краской нагревается сильнее спаев под белой краской, и в элементе возникает термоэлектрический ток, пропорциональный разности температур спаев. Последняя пропорциональна интенсивности радиации. Термоэлектрический ток измеряется чувствительным актинометрическим гальванометром. Интенсивность радиации может быть определена по формуле:

$$J = a N,$$

где a — переводный множитель пары прибор-гальванометр в кВт/м² или в кал/см²мин на одно деление шкалы гальванометра; N — отсчет по гальванометру.

Продолжительность солнечного сияния есть время, в течение которого прямая солнечная радиация равна или больше 0,1 кВт/м² (0,2 кал/см²мин).

Метод определения продолжительности солнечного сияния основан на регистрации времени, в течение которого интенсивность прямой солнечной радиации достаточна для получения прожога на специальной ленте, укрепленной в оптическом фокусе шаровой стеклянной линзы, и составляет $\geq 1,4$ кВт/м² ($\geq 0,2$ кал/см²мин) [32].

При производстве измерений применяются следующие средства измерений.

Гелиограф универсальный ГУ-1 (рис. 2), снабженный бумажными лентами изогнутыми (ЛМ-12) и прямыми (ЛМ-13).

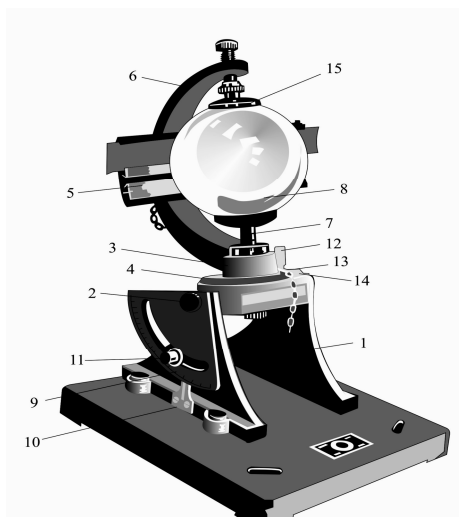


Рис. 2. Гелиограф универсальный модели ГУ-1

- 1 — стойка,
- 2 — горизонтальная ось,
- 3 — колонка, 4 — лимб,
- 5 — чашка, 6 — скоба,
- 7 — упор, 8 — стеклянный шар, 9 — вектор,
- 10 — указатель широты,
- 11 — винт для закрепления угла наклона оси,
- 12 — штифт, 13 — диск,
- 14 — индекс на диске,
- 15 — верхний упор

Гелиограф должен соответствовать ТУ 25-08-440-68 и иметь паспорт с техническим описанием прибора.

Ленты для гелиографа универсального должны быть склеены из двух слоев бумаги, равномерно окрашены со стороны шкалы в синий цвет.

При определении продолжительности солнечного сияния по гелиографу должны соблюдаться следующие условия:

— гелиограф должен быть установлен на метеорологической площадке так, чтобы при любом возможном положении солнца относительно сторон горизонта на данной станции отдельные постройки, деревья и случайные предметы не затеняли его;

— гелиограф должен быть установлен строго горизонтально и ориентирован по географическому меридиану и широте метеорологической станции; ось гелиографа должна быть строго параллельна оси мира;

— шар гелиографа должен содержаться в чистоте, так как наличие пыли, следов осадков, отложение росы, инея, изморози и гололеда на шаре ослабляет и искажает прожог на ленте гелиографа;

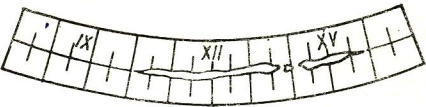
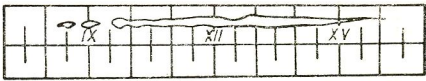
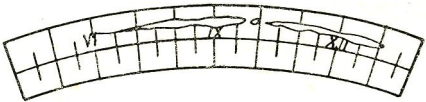
— в зависимости от возможной продолжительности солнечного сияния запись за одни сутки должна производиться на одной, двух или трех лентах;

— в зависимости от сезона должны применяться прямые или изогнутые ленты, которые следует закладывать в верхний, средний или нижний пазы чашки (табл. 1);

— для закладывания в течение месяца должны подбираться ленты одного цвета.

Таблица 1

Периоды применения сезонных лент (прямых и изогнутых)

Паз	Вид ленты	Период года
Верхний		16.10—28.02
Средний		01.03—15.04 01.09—15.10
Нижний		16.04—31.08

Для удаления с шара гелиографа пыли применяется мягкая сухая салфетка; для удаления инея, изморози или гололеда — салфетка, смоченная спиртом или чистым бензином.

На метеорологической площадке гелиограф должен быть установлен на бетонном или деревянном столбе высотой 2 м, на верхней части которого закреплена площадка из досок толщиной не менее 50 мм.

Устройство гелиографа универсальной модели ГУ-1 приведено на рис. 2.

Основанием прибора является плоская металлическая плита с двумя стойками 1. Между стойками на горизонтальной оси 2 укреплен подвижная часть прибора, состоящая из колонки 3 с лимбом 4 и нижним упором 7, скобы 6 с чашкой 5 и верхним упором 15 и стеклянного шара 8, который является сферической линзой. На одном из концов горизонтальной оси закреплён сектор 9 со шкалой широт. При перемещении горизонтальной оси 2 прибора с запада на восток и повороте верхней части прибора вокруг нее ось колонки 3 устанавливается параллельно оси вращения Земли (оси мира). Для закрепления установленного угла наклона оси колонки служит винт 11.

Верхняя часть прибора может поворачиваться вокруг оси колонки 3 и фиксироваться в четырех определенных положениях. Для этого используется специальный штифт 12, который вставляется через отверстие лимба 4 в одно из четырех отверстий диска 13, закрепленного на оси 2. Совпадение отверстий лимба 4 и диска 13 определяется по совпадению меток А, Б, В и Г на лимбе 4 с индексом 14 на диске.

Производство измерений по гелиографу заключается в ежедневной установке лент и определении суммарного за каждый час прожога на них.

В зависимости от возможной продолжительности солнечного сияния ленты в течение суток меняют один, два или три раза (табл. 2).

При коротком дне (возможная продолжительность солнечного сияния менее 9 ч) лента меняется один раз в сутки после захода солнца, при этом чашка устанавливается с северной стороны шара так, чтобы индекс диска совмещался с меткой Б на лимбе.

Таблица 2

Время смены лент

Продолжительность дня, ч	Количество лент в сутки	Метка лимба	Время смены лент
9	1	Б	После захода солнца
9—18	2	А В	После захода солнца Около 12 ч
18 и более	3	А В Г	Около 4 ч Около 12 ч Около 20 ч

При возможной продолжительности солнечного сияния от 9 до 18 ч положение чашки и ленты меняются дважды: после захода солнца и около 12 ч по местному среднему солнечному времени. При вечерней смене ленты чашку гелиографа поворачивают так, чтобы индекс диска совместился с меткой *А*, при смене ленты в полдень — с меткой *В*.

Если возможная продолжительность солнечного сияния за одни сутки превышает 18 ч, необходимо менять положение чашки и производить смену лент 3 раза: около 4, 12 и 20 ч местного среднего солнечного времени, совмещая индекс диска с метками *А*, *В* и *Г* соответственно.

Ленты закладываются в пазы чашки так, чтобы среднее деление ленты совпадало со средней риски на чашке гелиографа. Лента после установки прикалывается иглой на штифте, который вставляется в специальное отверстие в чашке и фиксирует положение ленты. При правильной установке ленты прокол приходится на второе часовое деление от середины ленты. При смене ленты необходимо затенять собой прибор, чтобы не получить лишних прожогов.

Смена лент в установленные сроки обязательно производится и в том случае, если была пасмурная погода и следов прожога на ленте нет.

Допускается повторное использование лент гелиографа в случае полного отсутствия следов прожога на них. При повторном использовании ленты на обороте ее должны быть указаны дата и время всех случаев установки и снятия лент, рядом с датой смены лент делается запись о том, что на ленте следов прожога не было.

Станции, расположенные севернее 67° с.ш. (за полярным кругом), на период полярной ночи смену лент прекращают.

Обработка результатов заключается в вычислении продолжительности солнечного сияния за каждый час (в часах и десятых долях часа) по следам прожога на ленте гелиографа.

Актинометр АТ-50 предназначен для измерения интенсивности прямой солнечной радиации на перпендикулярную к лучам поверхность.

На рис. 3 показан общий вид термоэлектрического актинометра.

В колпаке трубки находится приемник радиации, выполненный в виде диска диаметром 11 мм из серебряной фольги, зачерненной со стороны, обращенной к Солнцу. К диску с обратной стороны приклеены активные спаи термопары.

Под воздействием поглощенной солнечной радиации температура зачерненного диска и активных спаев термопары повышается по сравнению с температурой пассивных спаев, укрепленных на корпусе и, следовательно, имеющих температуру наружного воздуха. Возникающий термоэлектрический ток, пропорциональный разности температур активных и пассивных спаев, измеряется гальванометром [31].

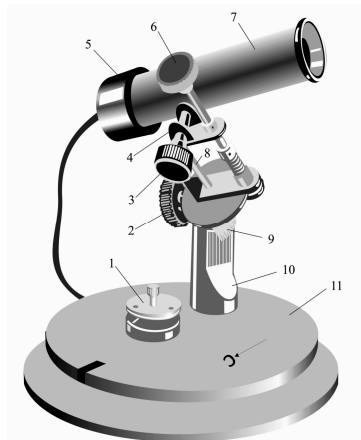


Рис. 3. Актинометр термоэлектрический АТ-50:

- 1 — крышка; 2, 3 — винты;
- 4 — ось склонения; 5 — экран;
- 6 — кремальера; 7 — трубка;
- 8 — ось мира; 9 — сектор широт;
- 10 — стойка; 11 — основание

Внутри трубки имеются диафрагмы, которые выделяют пучок солнечных лучей с углом 10° так, что зачерненный диск воспринимает радиацию от солнечного диска и околосолнечной зоны неба радиусом 5° .

При установке прибора для наблюдений его ориентируют стрелкой на основании на север. Затем, ослабив винт, устанавливают сектор широт соответственно широте места наблюдений. Ослабив винт и вращая рукоятку, нацеливают трубку на Солнце. Ось и рукоятка ориентированы по оси мира, и поэтому вращением рукоятки можно вести трубку за Солнцем.

Перед началом измерений определяется место нуля гальванометра.

Чувствительность актинометра АТ-50 составляет 8—11 мВ на 1 кВт/м²; инерция 25 с. Актинометр рассчитан на работу при температуре окружающего воздуха от –60 до +60°С.

Пиранометр универсальный М-80 предназначен для измерения интенсивности суммарной, рассеянной и отраженной коротковолновой радиации. Общий вид прибора показан на рис. 4.

Основной частью прибора является пиранометрическая головка, в которой находится приемник радиации в виде пластинки с черными и белыми полями, наподобие шахматной доски.

С обратной стороны пластинки к черным и белым полям приклеены спайи термобатарей.

Для измерения рассеянной солнечной радиации исключают прямую солнечную радиацию затенением термоприемника.

Суммарную радиацию измеряют при незатененном приемнике радиации.

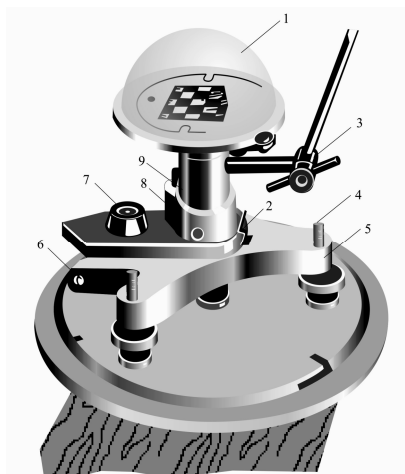


Рис. 4. Пиранометр универсальный термоэлектрический М-80М:

- 1 — пиранометрическая головка;
- 2 — стопорная пружина;
- 3 — шарнирное крепление затенителя;
- 4 — подъемный винт;
- 5 — подставка; 6 — шарнир откидной части; 7 — уровень;
- 8 — винт; 9 — стойка

Для измерения радиации, отраженной от подстилающей поверхности, головку пиранометра поворачивают вниз. При этом поверхность приемника должна находиться на высоте 1,5 м над подстилающей поверхностью, а наклон самой подстилающей поверхности не должен превышать 2° .

Головка рассчитана на работу при температуре от -60°C до $+60^\circ\text{C}$.

Походный **альбедометр АПЗхЗ** (рис. 5) предназначен для измерения тех же актинометрических характеристик, что и пиранометр М-80, имеет такую же пиранометрическую головку, но на самоустанавливающемся карданном подвесе, обеспечивающем горизонтальное положение плоскости приемника при положении как вверх, так и вниз.

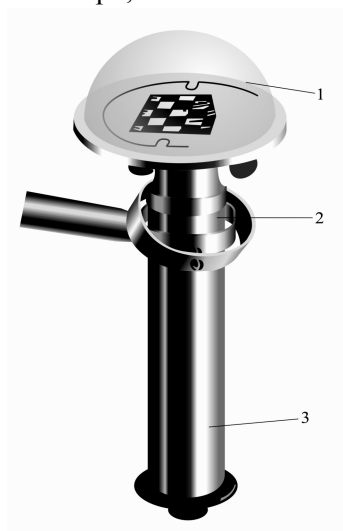


Рис. 5. Альбедометр походный:

1 — пиранометрическая головка;

2 — карданный подвес;

3 — противовес

Для измерения рассеянной солнечной радиации применяется диск-заменитель.

Интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность S' может быть вычислена по разности показаний открытого (Q) и затененного (D) пиранометра (альбедометра).

Балансомер М-10 М представляет собой круглую плоскую пластину диаметром 100 мм с двумя черными приемниками радиации № 1 и № 2 на противоположных сторонах. При измерении

один приемник обращен к подстилающей поверхности (вниз) и на него поступают коротковолновое отражение радиации R_k , длинноволновое излучение подстилающей поверхности E_3 вместе с отраженной длинноволновой радиацией R_o , излучение отражающих предметов. Другой приемник, обращенный вверх, получает суммарную коротковолновую солнечную радиацию $Q = S + D$ вместе с длинноволновым излучением атмосферы E_a .

Одновременно с измерениями актинометрическими приборами проводятся вспомогательные наблюдения, при которых оцениваются количество и формы облаков, цвет неба в зените, степень покрытия солнечного диска облаками, состояние деятельной поверхности на актинометрической площадке (состояние травы — свежесть, цвет, степень увлажнения; состояние снежного покрова); измеряются атмосферное давление, скорость ветра вблизи балансомера, температура и влажность воздуха, температура поверхности почвы.

Практические задания

1. Изучите принцип работы термоэлектрических приборов, расскажите об их устройстве, способах установки, методике измерения ими радиации и продолжительности солнечного сияния. Обработайте результаты измерения радиации и вычислите продолжительность солнечного сияния за каждый час.

2. Пользуясь картой, опишите географическое распределение суммарной радиации и радиационного баланса в течение года, декабря и июня.

Контрольные вопросы

1. На чем основан метод определения продолжительности солнечного сияния?

2. Что называется прямой солнечной радиацией? Чем характеризуется и от чего зависит суточный и годовой ход прямой радиации?

3. Каков спектральный состав излучения Земли? Чем характеризуется радиационный баланс земной поверхности?

Практическая работа № 6

Температурный режим атмосферы. Измерение температуры и влажности воздуха

Цель работы: измерение температуры и влажности воздуха с помощью метеорологических приборов.

Приборы и принадлежности: метеорологический психрометрический термометр к станционному психрометру ТМ4-1 ГОСТ 112-78 (для диапазона измерений $-35...+40^{\circ}\text{C}$) и ТМ4-2 ГОСТ 112-78 (для диапазона $-25...+50^{\circ}\text{C}$), метеорологический низкоградусный термометр ТМ9 (диапазоны измерения $-60...+20^{\circ}\text{C}$ (ТМ9-1), $-70...+20^{\circ}\text{C}$ (ТМ9-2)), метеорологический минимальный термометр ТМ2 (диапазоны измерения $-70...+20^{\circ}\text{C}$ (ТМ2-1), $-60...+30^{\circ}\text{C}$ (ТМ2-2), $-50...+40^{\circ}\text{C}$ (ТМ2-3)), метеорологический максимальный термометр ТМ1 (диапазоны измерения $-35...+50^{\circ}\text{C}$ (ТМ1-1) и $-20...+70^{\circ}\text{C}$ (ТМ1-2)), гигрометр волосной метеорологический, термограф метеорологический М-16АС (ГОСТ 6416-75).

Воздух, как и всякое тело, всегда имеет температуру, отличную от абсолютного нуля. Температура воздуха в каждой точке атмосферы непрерывно меняется с изменением времени. Кроме того, в разных местах Земли в одно и то же время она также различна. У земной поверхности температура воздуха меняется в широких пределах: наиболее высокое значение температуры зафиксировано в тропических пустынях — немного ниже 60°C , а самое низкое значение температуры воздуха, наблюдавшееся на советской станции «Восток» в Антарктиде, около -90°C . Таким образом, амплитуда значений температуры у земной поверхности на земном шаре равен 150°C .

Под температурным режимом атмосферы понимают распределение температуры воздуха в пространстве и ее изменение во времени.

Тепловое состояние атмосферы определяется главным образом ее теплообменом с окружающей средой, т.е. с подстилающей поверхностью, соседними воздушными массами или слоями воздуха и космическим пространством.

Температура воздуха является одной из основных термодинамических характеристик его состояния.

Вследствие турбулентного состояния атмосферы каждая частица воздуха имеет свою температуру, которая отличается от температуры других частиц. Для получения устойчивых значений температуры воздуха на метеорологических станциях измеряют среднее значение температуры воздуха за 3—5 мин; осреднение осуществляется за счет инерционности термометров и радиационной защиты (будки).

Температура воздуха, а также почвы и воды в метеорологии в большинстве стран измеряется в единицах СИ, т.е. в градусах Международной температурной шкалы, или шкалы Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Нуль этой шкалы приходится на температуру, при которой тает лед, а 100°C — на температуру кипения воды (и то и другое при нормальном давлении — 1013 гПа).

Наряду со шкалой Цельсия широко распространена, особенно в теоретических работах, абсолютная шкала температур, или шкала Кельвина. Нуль этой шкалы соответствует полному прекращению теплового хаотического движения молекул, т.е. самой низкой температуре [46]. По шкале Цельсия это будет $-273,15^{\circ}\text{C}$ (на практике за абсолютный нуль нередко принимается -273°C).

В США, Англии и некоторых странах бывшей Британской империи до сих пор используется температурная шкала Фаренгейта.

За нуль в этой шкале принята температура смеси снега и нашатыря, а за 100°F — нормальная температура человеческого тела. По шкале Фаренгейта 0°C соответствует $+32^{\circ}\text{F}$, а 100°C — $+212^{\circ}\text{F}$. Таким образом, $100^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{F}$, отсюда $1^{\circ}\text{C} = (9/5)^{\circ}\text{F}$, $1^{\circ}\text{F} = (5/9)^{\circ}\text{C}$. Переход от шкалы Фаренгейта к шкале Цельсия и наоборот осуществляется по формулам:

$$t^{\circ}\text{C} = (5/9)(t^{\circ}\text{F} - 32),$$

$$t^{\circ}\text{F} = (9/5)t^{\circ}\text{C} + 32.$$

Атмосферный воздух у земной поверхности, как правило, влажный. Это значит, что в его состав вместе с другими газами входит *водяной пар*, т.е. газообразная фаза воды H_2O . В отличие от других составных частей воздуха содержание водяного пара в воздухе меняется в значительных пределах: у земной поверхности оно колеблется между сотыми долями процента и несколькими процентами. Это объясняется тем, что при существующих в атмосфере температурах и давлениях водяной пар может переходить в жидкое (вода) и твердое (лед) состояния и наоборот может

поступать в атмосферу заново вследствие испарения с подстилающей поверхности, главным образом, с поверхности водоемов.

Кроме водяного пара существенно меняется в воздухе также содержание углекислого газа и озона.

Воздух без водяного пара называют *сухим*. У земной поверхности сухой воздух содержит 78% по объему (76% по массе) азота и 21% по объему (23% по массе) кислорода, т.е. сухой воздух на 99% состоит из двухатомных молекул азота N_2 и кислорода O_2 . Оставшийся 1% почти целиком приходится на аргон Ar . Всего 0,03% приходится на диоксид углерода (углекислый газ) CO_2 . Содержание многочисленных других газов, входящих в состав приземного воздуха, составляет тысячные, миллионные и миллиардные доли процента. Это неон Ne , гелий He , метан CH_4 , криптон Kr , водород H_2 , закись азота N_2O , ксенон Xe , озон O_3 , диоксид азота NO_2 , диоксид серы SO_2 , аммиак NH_3 , угарный газ CO , йод I_2 , радон Rn и др. Все перечисленные выше составляющие сухого воздуха всегда сохраняют газообразное состояние при наблюдающихся в атмосфере температурах и давлении не только у земной поверхности, но и в высоких слоях [46].

Для каждого значения температуры существует предельно возможное количество водяного пара. Когда такое количество достигнуто, то водяной пар называют насыщающим, а воздух, содержащий его, насыщенным.

Содержание водяного пара в воздухе называют *влажностью воздуха*. Мерой влажности являются парциальное давление водяного пара (обычно давление водяного пара) и относительная влажность.

Вместе с парциальным давлением водяного пара и относительной влажностью влажность воздуха еще характеризуется дефицитом насыщения и точкой росы.

Парциальное давление водяного пара e — давление, которое имел бы водяной пар, находящийся во влажном воздухе, если бы он один занимал весь объем, который занимает влажный воздух при той же температуре.

При данной температуре воздуха парциальное давление водяного пара не превосходит некоторого максимального его значения — давления насыщенного водяного пара.

Парциальное давление насыщенного водяного пара E — парциальное давление водяного пара во влажном воздухе, который находится в термодинамическом равновесии с плоской поверхностью чистой воды или льда. В случае насыщения относительно воды — давление насыщенного водяного пара над водой (E_w), в случае насыщения относительно льда — давление насыщенного водяного пара над льдом (E_i).

Дефицит насыщения d определяется как разность между парциальным давлением насыщенного водяного пара над водой (как при положительной, так и при отрицательной температуре) и фактическим парциальным давлением водяного пара во влажном воздухе:

$$d = E_w - e. \quad (1)$$

Относительная влажность воздуха f — отношение (выраженное в процентах) парциального давления водяного пара к давлению насыщенного водяного пара над водой при одних и тех же значениях давления и температуры воздуха:

$$f = e / E \cdot 100. \quad (2)$$

Точка росы t_d — температура, при которой парциальное давление водяного пара, содержащегося во влажном воздухе, станет равно парциальному давлению насыщенного водяного пара над водой при том же давлении влажного воздуха.

На метеорологических станциях определяются следующие характеристики температуры и влажности воздуха:

- температура воздуха в срок наблюдения (градусы Цельсия, °C);
- минимальная температура воздуха за промежуток времени между сроками наблюдений (градусы Цельсия, °C);
- максимальная температуры воздуха за промежуток времени между сроками наблюдений (градусы Цельсия, °C);
- парциальное давление водяного пара (гектопаскали, гПа);
- дефицит насыщения (гектопаскали, гПа);
- относительная влажность воздуха (проценты, %);
- точка росы (градусы Цельсия, °C).

Метод измерения температуры воздуха основан на использовании термометров, которые постоянно установлены в психрометрической будке на высоте 2 м, чем обеспечивается равенство темпе-

ратур воздуха и термометра. Влияние радиации на температурный режим термометра исключается радиационной защитой (будкой). Температура термометра определяется по изменению одного из термометрических свойств чувствительного элемента.

Основным методом для определения влажности воздуха является психрометрический, который основан на измерении температуры воздуха и температуры смоченного водой термометра — температуры термодинамического равновесия между затратами тепла на испарение со смоченной поверхности и притоком тепла к термометру от окружающей среды.

Дополнительным методом определения влажности воздуха является сорбционный, или гигрометрический, основанный на изменении длины чувствительного элемента (обезжиренного волоса) при изменении влажности воздуха. По сравнению с психрометрическим этот метод менее точен, но он может использоваться при низких температурах воздуха (ниже -10°C), когда психрометрический метод становится неприменимым из-за низкой точности [27]. При температуре от 10°C до -10°C измерения влажности обязательно выполняют и по психрометру, и по гигрометру. По результатам этих измерений строят переводной график. Этим графиком пользуются во всех случаях для перевода показаний гигрометра в значения относительной влажности.

Измерения температуры и влажности воздуха производятся в каждый срок. Исключение составляет максимальная температура воздуха между сроками, которая измеряется только до значений -36°C .

Для измерения влажности воздуха психрометрическим методом используются стационарный и аспирационный психрометры, гигрометрическим методом — волосные гигрометры, а для непрерывной регистрации влажности воздуха — гигрограф.

Все средства измерений, применяемые для определения температуры и влажности воздуха (термометры и гигрометры), помещаются в защитной жалюзийной будке для метеорологических приборов. Будка должна быть установлена на метеорологической площадке так, чтобы обеспечивать измерения температуры и влажности на высоте 2 м от подстилающей поверхности.

При температуре воздуха ниже -15°C в будке дополнительно устанавливается низкоградусный термометр.

Ртутные термометры следует уносить в помещение при температуре ниже -36°C . Все термометры должны храниться только в вертикальном положении. Если температура воздуха опустилась до точки замерзания ртути, то при переносе ртутного термометра из будки в помещение станции запрещается держать термометр в горизонтальном положении.

В местах, где снежный покров на площадке может достигать высоты 1 м и более, следует иметь запасную подставку высотой 2 м 75 см и лесенку к ней соответствующей высоты. На эту подставку следует переставлять будку зимой, когда высота снежного покрова на площадке достигнет 60 см.

Измерения температуры и влажности воздуха производятся в следующем порядке (в соответствии с установленным порядком производства наблюдений в срок):

- отсчитывают показания сухого и смоченного термометров; при этом сначала отсчитываются десятые доли градуса, а потом целые;

- отсчитывают показания минимального термометра по мениску столбика спирта («спирт») и по штифту («штифт»); положение штифта отсчитывается по концу, который ближе к мениску спирта;

- отсчитывают показания максимального термометра;

- отсчитывают показания гигрометров (основного и запасного);

- встряхивают максимальный термометр (для согласования его показаний с температурой воздуха в срок) и производят отсчет его показаний после встряхивания;

- совмещают конец штифта минимального термометра с мениском спирта («подводят штифт к спирту»);

- повторно отсчитывают показания сухого термометра;

- при температуре воздуха -20°C и ниже для вычисления добавочной поправки одновременно с отсчетом по сухому психрометрическому термометру отсчитывают показания спиртового низкоградусного термометра.

Отсчеты по всем термометрам производятся с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$; отсчеты по гигрометру производятся до целых процентов. Каждый отсчет записывается сразу же после его проведения.

При отсчетах по термометрам необходимо, чтобы глаз наблюдателя был расположен на одной высоте с концом столбика ртути или концом штифта.

При температуре смоченного термометра ниже 0°C после отсчета по смоченному термометру наблюдатель обязан определить, в каком состоянии находится вода на батисте: в жидком (вода) или замерзшем (лед). При записи отсчета по смоченному термометру рядом отмечается буквой «л» наличие на батисте льда и буквой «в» наличие на нем воды.

Чтобы определить, лед или вода на батисте, можно коснуться карандашом нижнего конца батиста. Если на батисте была переохлажденная вода, то прикосновение твердого предмета вызовет ее замерзание. В этом случае показание смоченного термометра сначала повысится, а когда вся вода замерзнет, начнет опять понижаться [32].

Если на батисте был лед, то показание смоченного термометра не изменится.

Регистрация изменений температуры и влажности воздуха во времени производится для определения их ежечасных, а также экстремальных (минимальных и максимальных) значений за сутки.

Ежечасные и экстремальные значения температуры и относительной влажности воздуха определяют расчетным путем на основании сравнения данных регистрации со значениями температуры и относительной влажности воздуха, определенными по психрометру во все сроки наблюдений.

Регистрация изменений температуры воздуха основана на применении самопишущего деформационного (биметаллического) термометра.

Регистрация изменений относительной влажности воздуха основана на применении самописца влажности с волосным чувствительным элементом.

Для регистрации изменений температуры и относительной влажности воздуха должны применяться следующие приборы:

- *термограф* метеорологический с биметаллическим чувствительным элементом М-16АС (рис. 6, 6а);

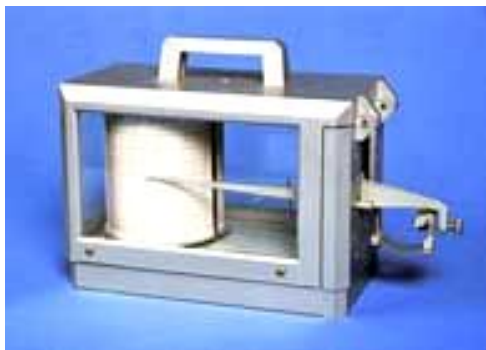


Рис. 6. Термограф метеорологический М-16А (общий вид)

— *гигрограф* метеорологический с чувствительным элементом в виде пучка обезжиренных волос М-21АС (или М-21С) (рис. 7, 7а).

В качестве вспомогательного оборудования должны применяться:

- будка защитная жалюзийная типа БС для установки самопишущих метеорологических приборов;
- металлическая подставка для будки высотой 175 см и лесенка к ней;
- дополнительная металлическая подставка высотой 275 см и лесенка к ней (для районов, где зимой высота снежного покрова может достигать 1 м и более).

В зависимости от продолжительности одного оборота барабана часового механизма термографы изготавливаются двух типов: М-16АС с суточным заводом часового механизма и М-16АН с недельным заводом часового механизма.

Термограф метеорологический М-16АС (ГОСТ 6416—75) обеспечивает непрерывную регистрацию изменений температуры воздуха с погрешностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$ в одном из следующих диапазонов: от -45 до 35°C ; от -35 до 45°C ; от -25 до 55°C .

Принцип действия термографа основан на свойстве биметаллической пластинки изменять радиус изгиба при изменении температуры воздуха [32]. Деформация биметаллической пластинки с помощью передаточного механизма преобразуется в перемещение стрелки с пером по диаграммному бланку, закрепленному на барабане, вращаемом часовым механизмом.

Термограф М-16АС (рис. 6а) состоит из следующих основных узлов:

- измерительного преобразователя температуры — биметаллической пластины 14;
- передаточного механизма: рычага 11, тяги 7, рычага 8 и оси 9;
- регулирующей части: стрелки 5 с пером 1 и барабана с часовым механизмом 18;
- корпуса, состоящего из основания и откидной крышки 19.

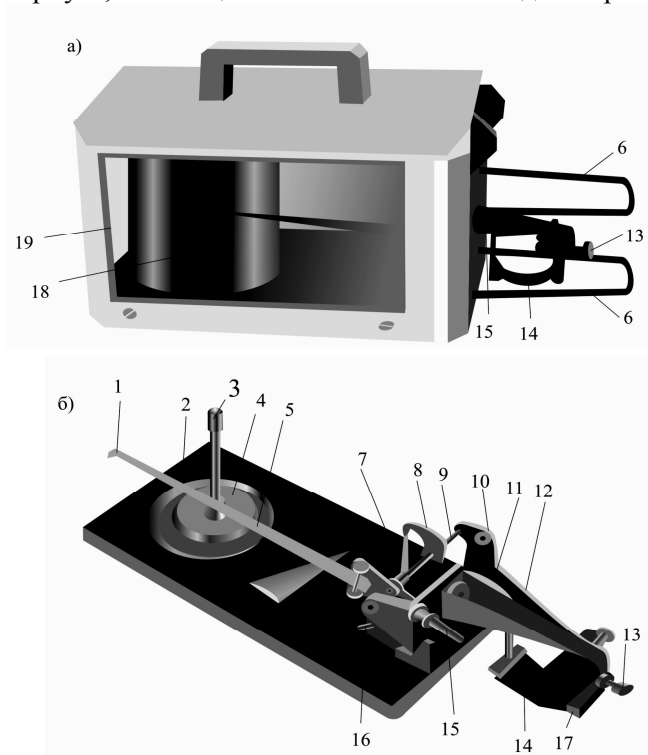


Рис. 6а. Термограф метеорологический М-16АС

а — внешний вид, б — механизм термографа

- 1 — перо, 2 — основание корпуса, 3 — ось барабана, 4 — неподвижная шестерня, 5 — стрелка пера, 6 — защита пластины, 7 — тяга, 8 и 11 — рычаги, 9 — ось стрелки, 10 и 12 — кронштейны, 13 — установочный винт, 14 — биметаллическая пластина, 15 — отметчик времени, 16 — отвод стрелки, 17 — коромысло, 18 — барабан, 19 — откидная крышка

Биметаллическая пластина одним концом закреплена в коромысле 17, укрепленном с помощью кронштейна 12 на основном кронштейне 10, а другим концом соединена передаточным механизмом с осью 9, которая поворачивается вместе со стрелкой 5.

При изменении температуры воздуха меняется изгиб биметаллической пластины.

С помощью передаточного механизма деформация пластины преобразуется в перемещение стрелки с пером (при повышении температуры воздуха стрелка перемещается вверх, при понижении температуры воздуха — вниз).

Перо, надетое на конец стрелки, производит запись на диаграммном бланке, закрепленном на барабане 18. Барабан вращается вокруг вертикальной оси с помощью часового механизма, помещенного внутри него, и обеспечивает равномерное перемещение диаграммного бланка. Продолжительность одного полного оборота барабана 26 ч.

Основная плата прибора, на которой смонтированы все его узлы и механизмы, помещена в пластмассовый корпус с откидной крышкой. Биметаллическая пластина выведена наружу и предохраняется защитными дугами 6.

В корпус прибора вмонтирован пружинный замок с защелкой. Крышка корпуса открывается (закрывается) за ручку при одновременном нажиме на защелку замка.

Термограф снабжен отметчиком времени 15, дающим возможность нанесения пером на диаграммном бланке отметок времени наблюдений в виде вертикально расположенных засечек, пересекающих кривую записи. Отметку времени производят, не открывая крышку прибора, легким нажимом на кнопку отметчика времени, выведенную наружу корпуса прибора.

Диаграммный бланк разделен по вертикали горизонтальными параллельными линиями на деления, соответствующие 1°С, а по горизонтали — вертикальными дугообразными линиями на деления, соответствующие 15 мин времени оборота барабана. Цифры в верхней части бланка соответствуют часам суток.

Устройство регистрирующей части термографа аналогично устройству регистрирующей части барографа.

Установка пера стрелки на требуемое деление диаграммного бланка (перевод пера вверх или вниз) осуществляется установочным винтом 13.

Для измерения относительной влажности воздуха на метеорологических станциях существует *гигрометр М-19* (рис. 7).

В основе работы гигрометра лежит деформационный метод измерения влажности. Чувствительным элементом гигрометра является обезжиренный человеческий волос, который изменяет свою длину при изменении парциального давления водяного пара в воздухе.

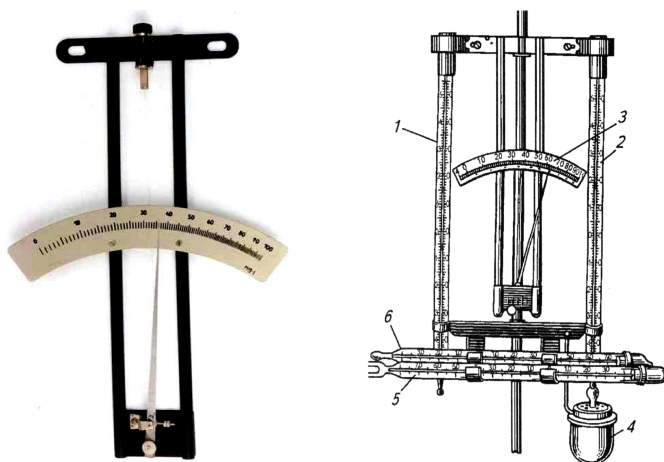


Рис. 7. Гигрометр М-19

Гигрометр состоит из волоса, установочного устройства, к которому жестко крепится волос, стрелки, измерительной шкалы и корпуса.

Удлинение волоса, пропорциональное влажности воздуха, вызывает поворот установочного устройства и соответственно отклонение стрелки, которая, перемещаясь вдоль шкалы, указывает относительную влажность воздуха.

Гигрограф метеорологический М-21АС (М-21С) (ТУ-25-04-1861-72) (рис. 8) обеспечивает непрерывную регистрацию изменений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 100% при температуре окружающего воздуха от -35 до 45°C .

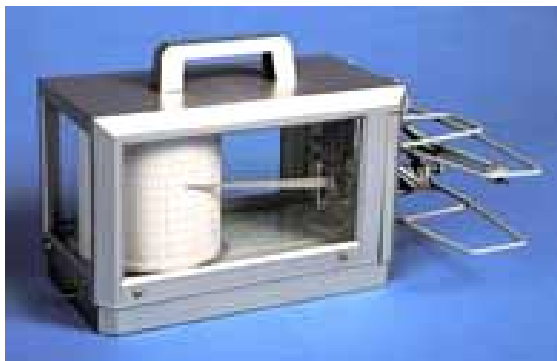


Рис. 8. Гигрограф М-21АС (общий вид)

Принцип действия гигрографа М-21АС основан на свойстве обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину с изменением влажности воздуха [25, 32]. Изменение длины пучка волос, вызванное изменением относительной влажности воздуха, преобразуется с помощью передаточного механизма в перемещение стрелки с пером по диаграммному бланку, закрепленному на барабане, вращаемом часовым механизмом.

Гигрограф М-21АС (рис. 8а) состоит из следующих основных узлов:

- измерительного преобразователя влажности — пучка (35—40 шт.) обезжиренных человеческих волос 6, защищенного от повреждений специальной защитой 5;
- передаточного механизма, состоящего из системы дуговых лекал с осями;
- регистрирующей части — стрелки с пером и барабана с часовым механизмом;
- корпуса, состоящего из основания и откидной крышки.

Концы пучка волос закреплены в специальных втулках, укрепленных на кронштейне 7. Пучок волос оттянут за середину крючком 9, который при помощи передаточного механизма соединен со стрелкой 2. Цилиндрический противовес 4 удерживает пучок волос в натянутом состоянии.

При изменении влажности воздуха меняется длина пучка волос, что вызывает перемещение стрелки с пером вверх (при увеличении влажности воздуха) или вниз (при уменьшении влажности).

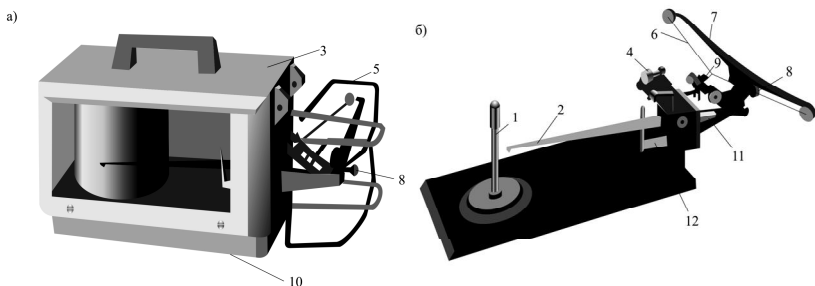


Рис. 8а. Гигрограф М-21АС

а — внешний вид, б — механизм гигрографа

*1 — ось барабана, 2 — стрелка, 3 — откидная крышка, 4 — противовес,
5 — защита, 6 — пучок волос, 7 — кронштейн, 8 — установочный винт,
9 — крючок, 10 — основание, 11 — кнопка отметчика времени,
12 — отвод стрелки.*

Перо производит запись на диаграммном бланке ЛМ-6р, закрепленном на барабане. Барабан вращается вокруг вертикальной оси с помощью часового механизма и обеспечивает равномерное перемещение диаграммного бланка.

Продолжительность одного полного оборота барабана 26 ч. Устройство регистрирующей части гигрографа аналогично устройству регистрирующей части барографа.

Диаграммный бланк разделен горизонтальными параллельными линиями на деления, соответствующие 2% относительной влажности воздуха, и вертикальными дугообразными линиями на деления, соответствующие 15 мин времени оборота барабана.

Установка пера стрелки на требуемое деление диаграммного бланка осуществляется вращением установочного винта 8. Отведение пера от барабана производится так же, как у термографа.

Гигрограф помещен в пластмассовый корпус с откидной крышкой, измерительный преобразователь влажности выведен наружу и предохраняется защитой 5.

Крышка корпуса открывается так же, как у термографа. Отметки времени производятся нажатием на кнопку 11, выведенную на внешнюю часть корпуса.

Регистрация изменений температуры и относительной влажности воздуха производится непрерывно в течение всего года на

специальных диаграммных бланках (лентах) ЛМ-4р № 1052 (для термографа) и ЛМ-6р № 1080 (для гигрографа).

Бланки термографа обрабатываются сразу после снятия с прибора, а бланки гигрографа — после построения графика сравнения показаний гигрографа с показаниями психрометра.

Практические задания

1. Постройте график хода среднесуточной температуры за декаду. *Как используются данные о тепловом режиме атмосферы и о влажности воздуха в народном хозяйстве?

2. Проведите наблюдения по станционному психрометру и волосному гигрометру. Вычислите показатели влажности воздуха по формулам и психрометрическим таблицам.

Контрольные вопросы

1. *Как изменяется с высотой потенциальная температура в тропопause, в стратосфере и мезосфере?

2. Что называется тепловым режимом атмосферы? Перечислите основные процессы, определяющие теплообмен между воздухом и окружающей средой. Каково относительное значение этих процессов для различных слоев атмосферы?

3. От каких факторов зависит давление насыщенного пара? Как изменяется парциальное давление водяного пара с высотой?

Практическая работа № 7

Определение температуры и состояния подстилающей поверхности

Цель работы: определение температуры и состояния подстилающей поверхности.

Приборы и принадлежности: термометр ТМ-3, метеорологический максимальный термометр ТМ-1, метеорологический минимальный термометр ТМ-2.

Подстилающая поверхность — это поверхность земли, т.е. почвы, растительности, снега, льда и т.д., которая, непосредственно взаимодействуя с атмосферой, поглощает солнечную и атмосферную радиацию и излучает ее в атмосферу, участвуя в процессах тепло- и влагообмена и регулируя термический режим почвы.

Кроме того термический режим почвы зависит от теплофизических характеристик почвы, ее механического состава и других факторов. Степень прогрева почвы характеризуется температурой.

Наблюдения за состоянием подстилающей поверхности производятся визуально один раз в сутки в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени.

При полном отсутствии снежного покрова и в случаях, когда снегом покрыто не более 0,1 видимой окрестности станции, наблюдения производятся за состоянием поверхности почвы или на оголенном участке, где устанавливаются термометры для измерения температуры поверхности почвы, или на прилегающей к метеорологической площадке местности.

Если снегом или льдом покрыто более 1 балла видимой окрестности станции (при этом на площадке снега может не быть), наблюдения производятся за состоянием снежного покрова на прилегающей к метеорологической площадке местности. Для этого на площадке или вблизи нее избирается постоянное, наиболее возвышенное место с хорошим обзором местности [32].

Наблюдения за температурой поверхности почвы и снежного покрова производятся в течение всего года на метеорологической площадке. Для установки термометров в южной части метеорологической площадки на незатеняемом месте выбирается участок

размером 4×6 м (если наблюдения производятся только за температурой поверхности почвы, то достаточно выделить участок 3×4 м).

Поверхность участка должна быть на одном уровне с метеорологической площадкой.

Для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова в сроки наблюдений используется термометр ртутный метеорологический ТМ-3 (рис. 9) с пределами шкал от -10 до $+85^{\circ}\text{C}$; от -25 до $+70^{\circ}\text{C}$ (ТМЗ-2); от -35 до $+60^{\circ}\text{C}$ (ТМЗ-1), с ценой деления шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$.

Для определения экстремальных температур между сроками используются термометры максимальный ТМ-1 и минимальный ТМ-2 (такие же, как для определения температуры воздуха в психрометрической будке).

При температуре поверхности почвы или снежного покрова ниже -35°C ртутные термометры следует убирать в помещение, отмечая в книжке КМ-1, когда термометры сняты и когда установлены.

Термометр метеорологический стеклянный типа ТМ-1 (рис. 10) предназначен для измерения максимальной температуры, достигнутой за определенный промежуток времени воздушной газовой или жидкой средой [25, 32].

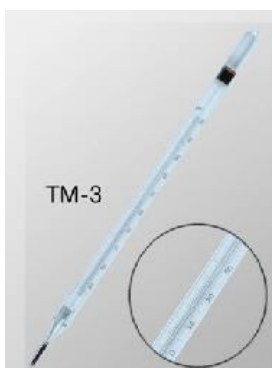


Рис. 9. Термометр ТМ-3

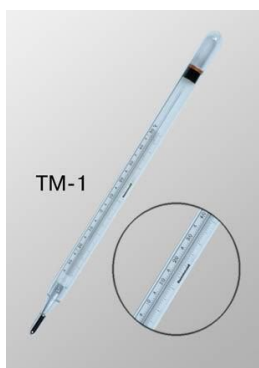


Рис. 10. Термометр метеорологический стеклянный типа ТМ-1



Рис. 11. Термометр метеорологический стеклянный типа ТМ-2

Термометр *метеорологический стеклянный типа ТМ-2* (рис. 11) предназначен для измерения минимальной температуры наружного воздуха и поверхности почвы, достигнутой за определенный промежуток времени.

Измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова производятся на незатененном участке размером 4×6 м в южной части метеорологической площадки. Летом измерения производятся на оголенной, разрыхленной почве, для чего весной участок перекапывается.

Термометр для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова и минимальный должны быть уложены строго горизонтально, а максимальный термометр — с небольшим наклоном в сторону резервуара.

Термометры должны быть уложены так, чтобы их резервуары и внешняя оболочка погружались наполовину в почву, но не покрывались землей.

Температура по всем термометрам отсчитывается с точностью до 0,1°C. В первую очередь делается отсчет по термометру для измерения температуры поверхности почвы, затем — по спирту и штифту минимального термометра и, наконец, по максимальному термометру. После отсчетов встряхивают максимальный термометр и отсчитывают его показания после встряхивания, штифт минимального термометра подводят к поверхности спирта.

В летнее время, когда в дневные часы минимальный термометр убирается с площадки, наблюдения производятся только по ртутным термометрам.

Зимой при низких температурах, когда ртутные термометры убраны в помещение, отсчитываются показания только минимального термометра по спирту и штифту.

Практические задания

1. Объясните, в чем заключается разница определения характеристик подстилающей поверхности почвы или снежного покрова в летнее и зимнее время года.
2. Определите по карте изотерм места с самой высокой и самой низкой температурой воздуха у земной поверхности и укажите эти температуры.

Контрольные вопросы

1. Как проводятся наблюдения за температурой воздуха по метеорологическому психрометрическому (ТМ-4), максимальному (ТМ-1) и минимальному (ТМ-2) термометрам?
2. Какие термометры используются для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова?
3. *Как влияет почвенный покров на температуру поверхности почвы?

Практическая работа № 8

Измерение температуры почвы на глубинах на участках без растительного покрова и под естественным покровом

Цель работы: определение температуры почвы на обрабатываемом участке, свободном от растительного покрова, на глубинах 5, 10, 15, 20 см, определение температуры почвы и грунта на глубинах под естественным покровом.

Приборы и принадлежности: коленчатые термометры Савинова ТМ-5, диапазон измерения температуры от -10 до 50°C ; термометр почвенный АМТ-5; термометр метеорологический стеклянный типа ТМ-10; термометр почвенный АМ-34.

Метод измерения температуры почвы на глубинах на участке без растительного покрова основан на применении термометров, постоянно установленных на каждой из глубин; чувствительный элемент каждого термометра находится в тепловом равновесии с почвой на глубине установки [25, 32].

При производстве измерений по коленчатым термометрам Савинова должны соблюдаться следующие условия:

— наблюдения за температурой обрабатываемой почвы производятся в теплую половину года, а в южных широтах, в районах с неустойчивыми морозами — круглый год в единые синхронные сроки;

— возобновление наблюдений по коленчатым термометрам весной и прекращение осенью может производиться в любой день месяца, в момент смены метеорологических суток, т. е. так, чтобы в начале или в конце наблюдений были получены данные за полные сутки;

— коленчатые термометры Савинова устанавливаются на метеорологической площадке на обрабатываемом участке почвы, после схода снежного покрова.

Коленчатые термометры Савинова представляют собой комплект из четырех стеклянных ртутных термометров с цилиндрическими резервуарами, концы которых округлены [32].

Термометры изогнуты под углом 135°C в месте, отстоящем от резервуара на 2—3 см. Это позволяет устанавливать термометры в почве так, чтобы резервуар и часть термометра до изгиба

находились в горизонтальном положении под слоем почвы, а часть термометра со шкалой располагалась над почвой.

Каждый термометр имеет шкалу только в той части термометра, которая располагается над почвой и доступна для отсчетов. Ниже шкалы оболочка термометра заполнена ватой и сургучными прослойками.

Комплект их 4-х термометров (рис. 12) для определения температуры слоев почвы на глубине 50, 100, 150 и 200 мм устанавливаются в один ряд по линии с востока на запад в середине участка, к западу от термометров для измерения температуры поверхности почвы на расстоянии 20—30 см от них.

Термометр почвенный АМТ-5 (рис. 13) предназначен для измерения температуры почвы на разных глубинах в метеорологических наблюдательных подразделениях. Термометр может использоваться для измерения температуры сыпучих, газообразных и жидких сред.



Рис. 12. Термометр метеорологический стеклянный типа ТМ-5



Рис. 13. Термометр почвенный АМТ-5

В комплект поставки входят трубы различной длины для установки датчика температуры в почву [25].

Особенности, принцип действия.

Термометр состоит из блока измерения и регистрации (БИР) с восемью датчиками температуры (ДТ) и пульта считывания информации (ПСИ). К одному ПСИ могут быть подключены два БИР.

БИР размещается над поверхностью почвы, а ДТ могут быть размещены на поверхности или под поверхностью почвы в трубах на разных глубинах. Измеренная информация передается в ПСИ через интерфейс RS485 по кабелю связи длиной до 800 м, протокол обмена Modbus.

ПСИ брызгозащищенного исполнения размещается в помещении метеостанции, обеспечивает запрос и прием информации от одного или двух БИР в автоматическом режиме с периодичностью 1, 3, 6, 12 ч или по запросу оператора. Информация (до 60 000 циклов измерений) запоминается в памяти ПСИ и может быть считана на цифровой индикатор, передана в персональный компьютер через интерфейс RS232 или в Интернет через модем сотовой связи и сохранена на сервере FTP. С помощью программы Пользователя информация отображается в виде таблиц и графиков и сохраняется в формате Excel-файла.

Возможны варианты исполнения без ПСИ.

БИР хранит измеренную информацию по 8 датчикам температуры и передает ее на FTP-сервер; с помощью программы Пользователя в пункте приема и обработки данных происходит считывание информации, отображение ее в табличном или графическом виде и сохранение в формате Excel-файла; при питании от автономного источника питания срок работы составляет не менее 1 года при периодичности измерения 3 ч.

БИР измеряет температуру почвы по 8 датчикам и передает ее по кабелю связи в персональный компьютер по интерфейсу RS485; с помощью программы Пользователя информация отображается в виде таблиц и графиков и сохраняется в формате Excel-файла.

Решением Методической комиссии ГУ «ГГО им. А.И.Воейкова» от 22.11.2007 г. термометры АМТ-5 рекомендованы для опытной эксплуатации на сети Росгидромета [25].

Термометр метеорологический стеклянный типа ТМ-10 предназначен для измерения температуры почвы или поверхностного слоя воды водоемов (в зависимости от номера исполнения термометра) (рис. 14).

Термометр почвенный АМ-34 предназначен для измерения срочной, максимальной и минимальной температур почвы на глубине узла кущения озимых зерновых культур.

Термометр состоит из блока измерения и регистрации с датчиками температуры (до 8 шт.), пульта считывания информации, блока питания (рис. 15).

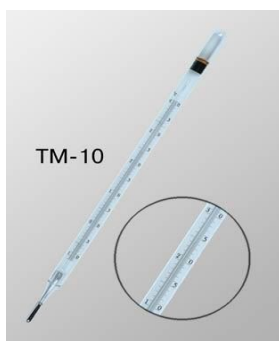


Рис. 14. Термометр метеорологический стеклянный типа ТМ-10



Рис. 15. Термометр почвенный АМ-34

Блок измерения и регистрации (БИР) обеспечивает измерение температуры почвы с периодичностью 30 мин и определяет минимальное и максимальное значения температур, которые запоминаются в энергонезависимой памяти ПСИ. Минимальное и максимальное значения температур определяются в интервале между сроками наблюдения (считывания информации). Срок автономной работы БИР не менее 8 месяцев.

БИР размещается в почве, а информация считывается с помощью ПСИ по радиоканалу с дистанционностью до 2 м.

Переносной пульт ПСИ брызгозащищенного исполнения обеспечивает прием, запись и отображение информации на цифровом индикаторе. Информация запоминается в памяти ПСИ и может быть считана в произвольное время на цифровой индикатор или

в персональный компьютер по интерфейсу RS232. Один ПСИ может считывать информацию с десяти БИР.

Варианты исполнения:

1. БИР измеряет температуру почвы по 8 датчикам, записывает в энергонезависимую память и передает на FTP-сервер. С помощью программы Пользователя происходит считывание данных с FTP-сервера, отображение их в табличном и графическом виде и запись в виде Excel-файла; срок работы от автономного источника питания не менее 1 года при периодичности измерения 3 часа.

2. БИР измеряет температуру почвы по 8 датчикам и передает информацию по кабелю связи длиной до 800 м в персональный компьютер по интерфейсу RS485. С помощью программы Пользователя в пункте приема и обработки информация может быть отображена в табличном и графическом виде и записана в виде Excel-файла.



Рис. 16.
Термометр-щуп
АМ-6

Для измерения температуры в пахотном слое почвы применяется **термометр-щуп АМ-6** (рис. 16). Термометр-щуп используют при наблюдениях за температурой пахотного слоя почвы в весенний период, начиная с момента подсыхания почвы на глубине 10—12 см до мягкопластичного состояния, которые проводят до появления массовых всходов теплолюбивых культур на наблюдательном участке.

Принцип действия термометра-щупа основан на способности металлического наконечника с опилками обеспечить тепловой контакт с почвой и теплопередачу от нее к резервуару толуолового термометра ТС-6Тл. Термометр-щуп состоит из толуолового термометра ТС-6Тл, размещенного в оправе с ручкой, выполненный из теплоизоляционного композиционного материала, и конусообразного металлического наконечника [25, 32]. Наконечник наполнен сухими обезжиренными медными или латунными опилками и герметично соединен с оправой.

Он обеспечивает измерение температуры слоя почвы толщиной 4 см, равной длине наконечника.

В верхней части оправы имеется продольный вырез, закрытый органическим стеклом для снятия показаний со шкалы термометра ТС-6Тл. На противоположной вырезу стороне оправы через каждый 1 см нанесены деления, которые служат для определения глубины погружения термометра-щупа в почву. Деление «0» находится на металлическом наконечнике на уровне резервуара термометра ТС-6Тл. Ручка служит для закрепления термометра ТС-6Тл в оправе и удобства работы.

Практические задания

1. Измерьте температуру почвы, используя вытяжные почвенно-глубинные термометры, и проверьте результаты с помощью графиков и градиентов.
2. Опишите суточный ход температуры поверхности почвы. Объясните, почему максимум температуры поверхности почвы приходится на середину дня, а не на его конец?

Контрольные вопросы

1. Какие основные условия необходимо соблюдать при производстве измерений по коленчатым термометрам Савинова?
2. Для чего предназначены вытяжные почвенно-глубинные термометры? Каковы правила их установки?
3. Как проводятся измерения температуры почвы на глубинах на участке без растительного покрова и под естественным покровом? Дайте сравнительную характеристику методам измерения.

Глава 3

ВОДА В АТМОСФЕРЕ

Практическая работа № 9

Образование, виды и способы измерения атмосферных осадков

Цель работы: изучение видов атмосферных осадков, приборов для измерения и методов их количественного определения. Определение интенсивности жидких осадков.

Приборы и принадлежности: осадкомер Третьякова О-1, измерительный стакан осадкомера, плuviограф П-2.

Атмосферными осадками называют капли воды и кристаллы льда, выпадающие из атмосферы на земную поверхность. Количество осадков измеряют высотой слоя воды в миллиметрах, образовавшегося в результате выпадения осадков на горизонтальной поверхности при отсутствии испарения, просачивания и стока, а также при условии, что осадки, выпавшие в твердом виде, полностью растаяли. Слой осадков 1 мм, выпавших на площадь 1 м², соответствует массе воды 1 кг. Важной характеристикой осадков является их интенсивность, т.е. количество осадков, выпадающих в единицу времени [17]. На метеорологических станциях количественно определяется только интенсивностью жидких осадков (в мм/мин). Кроме того, интенсивность как жидких, так и твердых осадков определяется качественно. При этом осадки визуально делят на слабые, умеренные и сильные. Различают следующие виды осадков:

1. Твердые осадки: снег, ливневый снег, снежная крупа, снежные зерна, ледяная крупа, ледяной дождь, град.
2. Жидкие осадки: дождь, ливневый дождь, морось.
3. Смешанные осадки: мокрый снег, ливневый мокрый снег [32].

По синоптическим условиям образования различают осадки внутримассовые (внутри однородных воздушных масс) и фронтальные (осадки, связанные с прохождением фронтов).

Количество осадков определяется объемом жидкой воды, который получается при сборе осадков приемным сосудом с фиксированной площадью приемной поверхности.

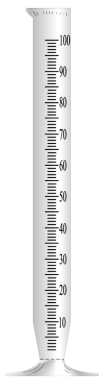


Рис. 17.
Измерительный
стакан

Твердые осадки, собранные в осадкосборном сосуде, должны перед измерением растаять, потом их переливают в осадкомерный стакан для измерения (рис. 17).

Интенсивность жидких осадков определяется по результатам регистрации на движущемся диаграммном бланке изменения уровня воды, поступающей во время дождя в поплавковую камеру самописца [32]. При необходимости интенсивность дождя за каждый 10-минутный интервал вычисляется путем деления количества осадков за этот интервал на 10. Количество осадков за интервал определяется как разность количеств осадков, выпавших к концу последующего и данного интервалов.

Значения интенсивности записываются на бланке рядом с количеством осадков (в скобках).

Количество осадков измеряется постоянно в течение всего года.

Смена осадкосборных сосудов и измерение количества осадков производится в каждый срок измерения, независимо от того, выпадали осадки между сроками или нет.

Согласно установленному типовому порядку производства наблюдений, наблюдатель выполняет следующие действия:

- приносит к установке свободный осадкосборный сосуд, закрытый крышкой;
- заменяет им сосуд, стоявший в установке;
- перекладывает крышку с принесенного сосуда на снятый;
- уносит снятый сосуд в помещение;
- переливает собранные в осадкосборном сосуде жидкие осадки в осадкомерный стакан для последующего измерения. Переливание производится через носок сосуда.

В книжке КМ-1 в строку «Осадки» записывается только результат измерения осадков стаканом [32].

Пример. Масса пустого сосуда 1158 г. Масса сосуда со снегом 1203 г. Количество осадков

$$\frac{1203 - 1158}{20} = 2,2 \text{ мм}.$$

Количество осадков, измеренное в делениях стакана, следует выразить в миллиметрах слоя воды, для чего нужно разделить его на 10.

Для измерения количества осадков применяется *осадкомер Третьякова О-1* с приемной поверхностью 200 см^2 (рис. 18, 18а).

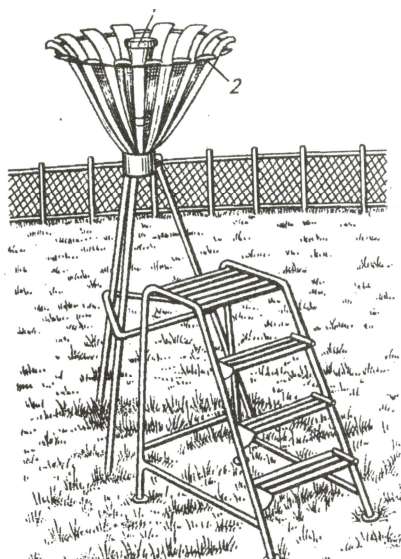


Рис. 18. Осадкомер Третьякова О-1

Комплект осадкомера Третьякова О-1 состоит из двух металлических сосудов для сбора и сохранения выпадающих осадков, одной крышки к ним, тагана для установки осадкомерных сосудов, ветровой защиты и двух измерительных стаканов.

Для сбора осадков служит сосуд 1 в форме цилиндра высотой 40 см с внутренним диаметром 159,5 мм и площадью приемного отверстия 200 см^2 , установленного на высоте 2 м от поверхности земли.

Внутри сосуда находится впаивная диафрагма 3, имеющая форму усеченного конуса, с отверстием для стока. Отверстие диафрагмы закрывается воронкой. С внешней стороны к осадкомерному сосуду припаян носик 8 для слива собранных осадков. Носик закрывается колпачком 9, прикрепленным к сосуду цепочкой 4.

Таган с лапками на внутренней стороне служит для установки осадкосборного сосуда.

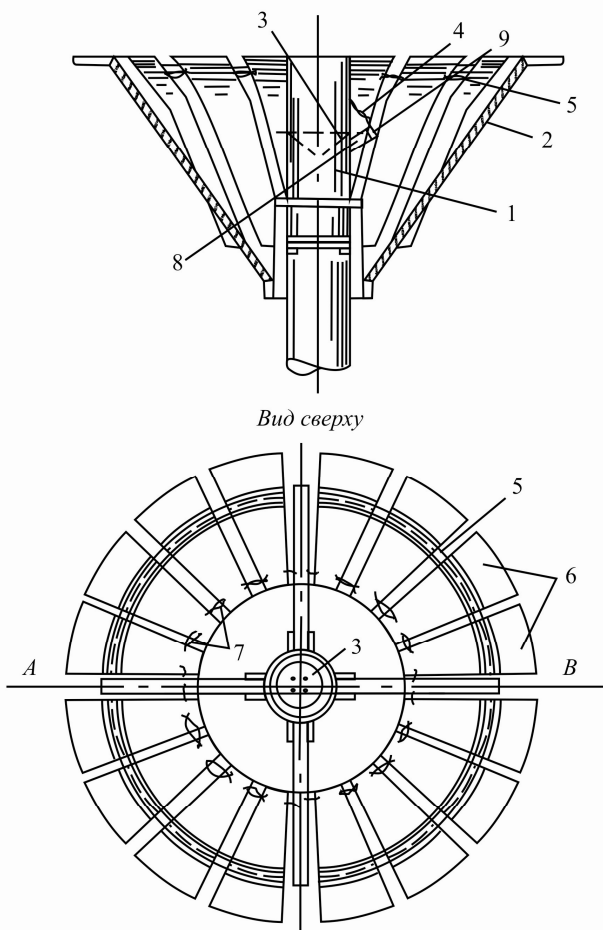


Рис. 18 а. Осадкомер О-1:

1 — сосуд для сбора осадков, 2 — укосина, 3 — диафрагма,
 4 — цепочка от крышки колпачка, 5 — кольцо, 6 — планка ветровой защиты,
 7 — соединительная цепочка, 8 — сливной носик, 9 — колпачок.

Ветровая защита осадкомера состоит из 15 планок 6, имеющих форму равнобедренной трапеции и изогнутых по специальному шаблону.

Верхние концы планок отогнуты во внешнюю сторону; в собранном виде они находятся в одной горизонтальной плоскости. Планки имеют вырубку с ушками, сквозь которые проходит металлическое кольцо 5 (рис. 18а); кольцо с планками крепится к столбу, на котором устанавливается осадкомер с тремя укосинами 2; укосины надеваются на кольцо через каждые пять планок.

Планки расположены на равных расстояниях друг от друга и стянуты между собой сверху и внизу цепочками 7.

Интенсивность жидких осадков регистрируется с помощью плювиографа в естественных условиях метеорологической площадки в период выпадения жидких осадков, когда температура воздуха в течение суток не опускается ниже 0°C. Осенью, до наступления морозов, прибор следует разобрать. Для этого нужно вынуть барабан с часовым механизмом, сифонную трубку, поплавковую камеру и контрольный сосуд, насухо обтереть их и убрать до весны в помещение.



Рис. 19.
Плювиограф
П-2М
(общий вид)

Для измерения и регистрации в течение суток количества выпадающих жидких атмосферных осадков используется **плювиограф П-2М** (рис. 19).

Принцип действия прибора состоит в сборе воды осадков с помощью приемного осадкосборного цилиндрического сосуда известного сечения в поплавковую камеру и регистрации во времени количества собранной воды на диаграммном бланке пером, закрепленным на поплавке [25].

При достижении определенного уровня воды в камере из нее осуществляется автоматический слив. Кривая, записанная на диаграммном бланке, позволяет определить количество выпавших осадков и их распределение во времени. Прямые вертикальные линии, идущие от верхнего края бланка до его нулевой линии, соответствуют моменту слива воды из поплавковой камеры, т.е. диапазону измерений.

Плювиограф П-2 состоит из приемного осадкосборного цилиндрического сосуда, регистрирующей части (с поплавковой камерой и часовым механизмом) и контрольного сосуда для накопления слитой воды, находящихся в общем корпусе (рис. 20).

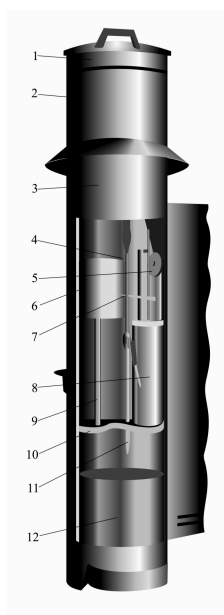


Рис. 20. Плувиограф П-2

- 1 — крышка,*
- 2 — приемный сосуд,*
- 3 — корпус,*
- 4 — трубка воронки,*
- 5 — стержень поплавка,*
- 6 — часовой механизм,*
- 7 — стрелка,*
- 8 — поплавковая камера,*
- 9 — стержень барабана,*
- 10 — полка,*
- 11 — сифон,*
- 12 — контрольный сосуд*

Приемный сосуд 2 представляет собой цилиндр приемной площадью 500 см^2 . К конусообразному дну сосуда с несколькими отверстиями для стока воды припаяна сливная трубка, вставляющаяся в воронку трубки 4, идущей от поплавковой камеры 8. Приемный сосуд соединен с железным цилиндрическим корпусом 3. В передней части корпуса имеется вырез, который закрывается дверцей.

В рабочем состоянии приемный сосуд закрывается крышкой.

Регистрирующее устройство прибора смонтировано на горизонтальной металлической полке 10 внутри корпуса и состоит из поплавковой камеры 8 и часового механизма 6 с барабаном для ленты, укрепленном на стержне 9.

Внутри поплавковой камеры находится полый металлический поплавок со стержнем 5, на котором укреплена стрелка 7 с пером, пишущим на ленте. На крышке поплавковой камеры укреплен арретир, служащий для отвода стрелки от барабана. Сбоку в поплавковую камеру впаяна трубка, в которую вставляется стеклянный сифон 11, зажатый гайкой.

В нижней части корпуса прибора помещается контрольный сосуд 12, куда из поплавковой камеры сливаются осадки.

Слив осадков из поплавковой камеры происходит через стеклянный сифон. У пловниографа с принудительным сливом начальное действие сифона осуществляется с помощью механизма принудительного слива.

Механизм принудительного слива смонтирован на крышке поплавковой камеры и состоит из следующих частей: улитки с кулачками, двух рычагов, барабанчика и груза, укрепленных на кронштейне, привинченном к крышке поплавковой камеры.

Слив правильно действующего пловниографа должен идти полной струей и продолжаться примерно 17—20 с. Перо при сливе должно прочерчивать на ленте вертикальную линию, параллельную часовым линиям бланка.

Диаграммный бланк пловниографа следует менять ежедневно после срока, ближайшего к 20 ч поясного декретного (зимнего) времени. В каждый срок измерения следует делать метку на диаграммном бланке, поднимая и опуская вертикальный стержень с поплавком, к которому крепится перо. Два раза в неделю во время смены бланка следует заводить часовой механизм.

Результаты обработки количества осадков записываются на бланке простым карандашом в виде колонки из шести строк, расположенных в соответствующем часовом интервале.

Вычисление поправки на слив производится в тех случаях, когда количество осадков, подсчитанное на бланке, меньше измеренного по контрольному сосуду. Поправка на слив вводится только тогда, когда имеется один или несколько естественных сливов, а разность между количеством осадков по контрольному сосуду и по записи на ленте составляет более 0,1 мм.

Поправка на слив вводится следующим образом. Из общего количества осадков, измеренного по контрольному сосуду, вычитается количество осадков, зарегистрированное на бланке. Полученная разность делится на число сливов, отмеченных на бланке за данные сутки. Эта поправка прибавляется к количеству осадков, отсчитанному в конце каждого 10-минутного интервала после слива. Значение поправки записывается на обратной стороне бланка.

При необходимости интенсивность дождя за каждый 10-минутный интервал вычисляется путем деления количества осадков за этот период на 10. Количество осадков за интервал определяется

как разность количеств осадков, выпавших к концу последующего и данного интервалов.

Значения интенсивности записываются на бланке рядом с количеством осадков (в скобках).

Практические задания

1. Изучите устройство приборов для измерения жидких и твердых осадков в стационарных и полевых условиях, способы их установки и методики проведения наблюдений. Обработайте ленту плувиографа.

2. Пользуясь картой, выделите зоны (пояса) максимума и минимума осадков [4]. Опишите водный баланс на земном шаре и в отдельных широтных зонах.

Контрольные вопросы

1. *Каков главный процесс, приводящий к образованию осадков? Каким образом подразделяются осадки в зависимости от условий их образования? Как делятся осадки по форме?

2. Что понимается под продолжительностью и интенсивностью осадков?

3. Какие существуют характеристики для описания режима осадков? Дайте характеристику различных типов годового хода осадков. Что такое изменчивость сумм осадков?

Практическая работа № 10

Наблюдения за снежным покровом

Цель работы: проведение наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова и определение снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта (поле, лес, балки, овраги) с помощью снегосъемок.

Приборы и принадлежности: рейка снегомерная стационарная деревянная М-103 (М-103-1 длиной 1800 мм и М-103-П длиной 1300 мм), снегомер весовой ВС-43, рейка ледоснегомерная ГР-31.

Снежный покров представляет собой слой снега на поверхности земли, который образуется в результате выпадения осадков. В снежный покров включаются ледяные прослойки, которые образуются на поверхности снега и почвы, а также скапливающаяся под снегом талая вода. Наблюдения за снежным покровом состоят из ежедневных наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова и периодических снегосъемок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта.

При ежедневных наблюдениях за снежным покровом определяют:

- степень покрытия окрестности станции снежным покровом (балл);
- характер залегания снежного покрова на местности (таблица кода);
- структуру снега (таблица кода);
- высоту снежного покрова на метеорологической площадке или на выбранном участке вблизи станции (см).

При снегосъемках на каждом выбранном маршруте определяют:

- высоту снежного покрова (среднюю из установленного числа измерений);
- плотность снега (среднюю из установленного числа измерений);
- структуру снежного покрова (наличие прослоек льда, воды и снега, насыщенного водой);
- характер залегания снежного покрова на маршруте;
- степень покрытия снегом маршрута;
- состояние поверхности почвы под снегом (мерзлая, талая).

Степень покрытия снегом окрестности станции, характер залегания снежного покрова и структура снега оцениваются наблюдателем при визуальном осмотре окрестности станции в соответствии с принятыми шкалами.

Высота снежного покрова определяется на основании измерений расстояния от поверхности земли до поверхности снежного покрова (поверхности раздела снежный покров — атмосфера).

Плотность снега вычисляется как отношение массы вертикального столба снега к объему этого столба [32]. В плотность снега не включают плотность снега, насыщенного водой, плотность воды, находящейся под снегом, и плотность ледяной корки, находящейся на поверхности почвы.

Запас воды в снежном покрове вычисляется по измеренным значениям высоты снежного покрова, значениям плотности снега и принятым средним значениям плотности снега, насыщенного водой, талой воды и ледяной корки.

Плотность снега определяется по формуле:

$$d = \frac{m}{10h},$$

где d — плотность снега, m — число дней по линейке, h — высота снегового покрова. Запасы влаги в снежном покрове вычисляются по формуле:

$$a = d \times h \cdot 10,$$

где a — запасы воды в снежном покрове в миллиметрах, d — плотность снега, h — высота пробы снега, 10 — множитель, служащий для перевода сантиметров в миллиметры.

Для расчета запасов воды в снежном покрове в тоннах на гектар служит формула:

$$M = 10 a,$$

где M — запасы воды в снежном покрове в тоннах на гектар, 10 — переводной множитель, a — запасы воды в снежном покрове в миллиметрах.

При производстве измерений должны применяться следующие средства измерений:

— рейка снегомерная стационарная деревянная М-103 (М-103-1 длиной 1800 мм и М-103-II длиной 1300 мм) с ценой деления 1 см;

- рейка снегомерная переносная М-104 (М-104-I длиной 1800 мм и М-104-II длиной 1300 мм) с ценой деления 10 мм;
- снегомер весовой ВС-43;
- линейка с ценой наименьшего деления 1 мм.

При измерении характеристик снежного покрова высотой более 1,5 м в качестве средств измерений могут быть использованы также:

- снегомерная металлическая переносная рейка М-46;
- снегомер составной М-78.

Ежедневные наблюдения за снежным покровом должны проводиться при любых погодных условиях.

Наблюдения за степенью покрытия окрестности снегом, характеристикой залегания снежного покрова и структурой снега производятся с постоянного, наиболее возвышенного места вблизи метеорологической площадки, измерения высоты снежного покрова — на метеорологической площадке или на выбранном вблизи площадки участке.

Для производства снегомерных съемок должны быть выбраны и закреплены на местности маршруты:

- на открытом участке (поле) длиной 2 или 1 км (в зависимости от ландшафтных особенностей местоположения станции);
- в лесу, под кронами деревьев, длиной 0,5 км;
- 2—5 поперечников, пересекающих балки и овраги.

Снегосъемки производятся в установленные календарные сроки, когда снегом покрыто более половины маршрута. Изменение даты календарного срока снегосъемки на 1—2 дня допускается, если наблюдаются опасные или особо опасные для данного района явления.

Ежедневные наблюдения за снежным покровом производятся в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени, в соответствии с порядком производства наблюдений на станции.

Степень покрытия окрестностей станции снежным покровом оценивается в баллах по 10-балльной шкале (0,1 часть видимой окрестности принимается равной 1 баллу).

Если снегом покрыта вся видимая окрестность, то степень покрытия равна 10 баллам; если покрыто около 0,3 всей видимой окрестности, то степень покрытия равна 3 баллам; если наблюдаются

отдельные пятна снега, покрывающие менее 0,1 видимой окрестности, то степень покрытия оценивается 0 баллов.

При определении структуры снега различают: снег свежий (пылевидный, пушистый, липкий); старый (рассыпчатый, плотный, влажный); наст (снежная корка, под настом снег плотный или влажный). Кроме этого отмечается снег, насыщенный водой.

Структура снега определяется в соответствии с табл. 3, которая соответствует таблице для кодирования S_4 кода КН-01.

Таблица 3

Характеристика структуры снега

Структура снега	Цифра кода	Структура снега	Цифра кода
Свежий снег пылевидный	0	Старый снег влажный	5
Свежий снег пушистый	1	Снежная корка, не связанная со снегом под ней	6
Свежий снег липкий	2	Плотный снег с коркой на поверхности	7
Старый снег рассыпчатый	3	Влажный снег с коркой на поверхности	8
Старый снег плотный	4	Переувлажненный (мокрый) снег	9

При степени покрытия окрестности ≥ 6 баллов определяется характер залегания снежного покрова. Характер залегания снежного покрова оценивается по наличию сугробов (без сугробов — равномерный, небольшие сугробы — неравномерный, большие сугробы — очень неравномерный) и по состоянию почвы под снежным покровом (замерзшая, талая или состояние неизвестно).

Измерение высоты снежного покрова на метеорологической площадке производится в следующем порядке:

— непосредственно перед сроком измерения проверяют исправность постоянных реек. В случае неисправности реек разрешается производить измерение с помощью переносной рейки; к следующему сроку неисправности должны быть устранены;

— производят отсчеты поочередно по рейкам № 1, 2 и 3 с точностью до 1 см. При производстве отсчетов по рейкам наблюдатель должен находиться на расстоянии 2—3 м от рейки. За высоту снежного покрова принимается то деление рейки, против



Рис. 21. Рейка снегомерная стационарная М-103-1/2



Рис. 22. Рейка снегомерная переносная М-104-1/2

— которого приходится уровень снежного покрова. Если рейка окажется залепленной снегом, то следует осторожно очистить снег длинной легкой палкой с планкой на конце.

При наличии около какой-либо из реек слоя льда или воды, образовавшегося после таяния снега, по рейке отсчитывается толщина этого слоя.

Если отсчет по рейке меньше половины первого деления рейки, то в соответствующую графу записывается высота снежного покрова — 0; если отсчет по рейке равен или больше половины первого деления рейки, то 1.

Рейка снегомерная стационарная (рис. 21) представляет собой гладко оструганный прямой брусок сухого дерева длиной 180 см (или 130 см), шириной 6 см и толщиной 2,5 см [25]. Рейка окрашивается белой масляной или эмалевой краской и имеет на лицевой стороне шкалу в сантиметрах.

Рейки снегомерные стационарные М-103 предназначены для измерений высоты снежного покрова при производстве снегомерных съемок, при проведении гидрометеорологических работ. Рейка представляет собой деревянный прямоугольный брусок с нанесенными краской делениями (штрихами) и оцифровкой. На расстоянии 50 и 150 мм от нижнего конца рейки имеются два отверстия для закрепления ее в опоре с помощью шурупов. Нижний конец рейки совпадает с нулевым делением шкалы.

Рейки выпускаются в двух модификациях М-103-I, М-103-II [25].

Рейка снегомерная переносная М-104 (рис. 22) предназначена для измерения высоты снежного покрова при производстве снегомерных съемок, при проведении гидрометеорологических работ. Рейка представляет собой деревянный прямоугольный брусок с нанесенными краской делениями (штрихами) и оцифровкой.

Принцип действия реек основан на вертикальном погружении конца с наконечником и нулевой отметкой рейки в снежный покров до достижения поверхности грунта и снятия показаний, соответствующих глубине погружения рейки. Рейка представляет собой деревянный брус с нанесенной измерительной шкалой и металлическим наконечником в начале измерительной шкалы.

Рейки выпускаются в двух модификациях М-104-I, М-104-II.

Снегомер весовой ВС-43 (рис. 23, 23а) предназначен для определения плотности снега при проведении снегомерных съемок [25].



Рис. 23. Снегомер весовой ВС-4
(общий вид)

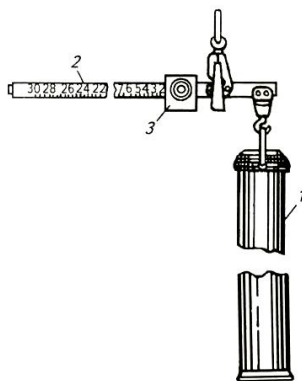


Рис. 23а. Снегомер весовой
1 — металлический градуированный
цилиндр, 2 — металлическая линейка
со шкалой, 3 — гиря безмена

Он состоит из металлического цилиндра и весов. На одном конце цилиндра имеется кольцо с режущими зубьями, а другой конец закрывается крышкой.

Снегомеры применяют при проведении снегомерных съемок на гидрометеорологических станциях и постах в различных отраслях народного хозяйства для определения плотности снега путем измерения высоты и массы вырезаемого столбика пробы снега.

Принцип действия снегомера основан на неавтоматическом уравнивании массы отобранной пробы снега, перемещении гири по оцифрованной линейке безмена и визуальном отсчете высоты пробы снега по шкале, проградуированной в единице длины, которая нанесена на цилиндре для отбора проб. Снегомер со-

стоит из металлического градуированного цилиндра 1 для отбора пробы снега, металлической линейки со шкалой 2 и гири безмена 3.

Безмен выполнен в виде оцифрованной металлической линейки с заделанными в нее опорной и грузоприемной призмами. Опорная призма опирается на серьгу с прорезанным в ней окном. Положение равновесия определяется по положению в окне серьги стрелки, жестко связанной с оцифрованной линейкой. На грузоприемной призме с помощью серьги подвешен металлический цилиндр со шкалой для определения высоты столба отобранной пробы снега. На одном конце имеется калиброванное зубчатое кольцо с режущими зубьями для взятия пробы снега, а другой конец закрывается крышкой. Для измерения высоты вырезанного столбика снега с наружной стороны цилиндра нанесена шкала. Нуль шкалы совпадает с зубчатым краем кольца. Свободно перемещающееся по цилиндру кольцо со стременом служит для подвешивания цилиндра с пробой снега к безмену.

Описание окружающей местности и маршрутов снегосъемок необходимо для правильной оценки степени характеристики выбранных маршрутов по условиям рельефа, растительности и подстилающей поверхности.

Описание составляется летом или осенью. Если на выбранном маршруте или окружающей местности в последующие годы происходят изменения, то их вносят в описание.

В описании дается подробная характеристика окружающей местности и промерной линии маршрута, указываются наличие строений, деревьев, кустарников, значительных неровностей рельефа, различных снегозадерживающих препятствий и их расстояния от маршрута.

В описании должно быть отражено, в каком направлении, на каком расстоянии от метеостанции или поста расположен маршрут.

По ходу расположения маршрута отмечают:

1) рельеф местности:

- равнина, всхолмленная равнина, резко всхолмленная местность;
- склон (пологий, крутой), экспозиция склона, седловина, вершина холма;
- овраг, балка, ложбина (ширина и глубина);

- 2) вид угодья: луг, пашня, стерня, озимь, зябь и др.;
- 3) характеристику растительности: трава, кустарник (редкий, густой, высокий, низкий), заболоченный участок, древесная растительность (полезащитные полосы, сад, парк, лес, колос).

При наличии полезащитных полос необходимо обозначить направление полосы, ее ширину, расстояние до снегомерного маршрута, преобладающие породы, высоту деревьев.

Следует указать, не производится ли вблизи снегомерного маршрута искусственного снегозадержания.

На лесном маршруте отмечают:

- состав леса (лиственный, смешанный, хвойный, с густым кустарником или густым подлеском);
- густоту (густой, средней густоты, редкий);
- возраст (взрослый, молодой, мелколесье);
- характеристику вырубки леса (чистая, с молодняком, размеры просек, полян);
- подстилающую поверхность (лесная подстилка, травяная, моховая и т.п.).



Рис. 24. Рейка
ледоснеговая
ГР-31

Кроме описания маршрута составляется план окружающей местности на топографической основе или по данным глазомерной съемки. На плане дается схема маршрутов снегомерных съемок с указанием места взятия проб на плотность снега.

Для измерения толщины ледяного покрова в водоемах, имеющих глубину воды под льдом не менее 0,3 м, а также для измерения высоты снежного покрова на льду при производстве снегомерных съемок в районах с холодным климатом используется *рейка ледоснеговая ГР-31* (рис. 24).

Рейка состоит из прямоугольного деревянного бруска и упорной планки-подкоса, жестко прикрепленной к нижнему концу бруска под углом 60 градусов [25].

Рейка и подкос скреплены металлической планкой, концы их снабжены металличе-

ми оковками. Рейка имеет двухстороннюю шкалу: для измерения толщины льда и высоты снежного покрова.

На ледомерной шкале нанесены штриховые деления через 1 см. Нулевое деление шкалы и верхний край подкоса лежат в одной плоскости, перпендикулярной оси рейки. От нулевого деления шкала проложена вверх и вниз. Часть шкалы, расположенная выше нулевого деления, служит для отсчетов толщины льда и уровня воды в лунке в тех случаях, когда вода в лунке стоит выше нижней поверхности льда. Другая часть шкалы от нулевого деления вниз на 30 см, служит для измерения воды в лунке в тех случаях, когда нижняя поверхность льда выше уровня воды в лунке. Снегомерная шкала также имеет штриховые деления, нанесенные через 1 см, нулевое деление ее совпадает с верхним обрезом ледомерной шкалы. При измерении общей толщины и глубины погружения льда подкос рейки подводится под лед через лунку вдоль по течению и разворачивается поперек. Толщина льда определяется как среднее арифметическое из двух отсчетов.

Для измерений глубины промерзания и оттаивания почвы при проведении гидрометеорологических работ существуют *мерзлотомеры АМ-21*.

Принцип действия работы мерзлотомеров основан на помещении защитной трубы, имеющей измерительную шкалу, в почву и погружения в нее трубки ПВХ [25, 32] с измерительной шкалой, заполненной дистиллированной водой, с находящейся внутри трубки капроновой нити с узлами. Глубина промерзания почвы определяется по линейному размеру столбика льда, образующегося в трубке ПВХ.

Мерзлотомеры выпускаются в двух модификациях АМ-21-I, АМ-21-II, в зависимости от диапазона измерений: АМ-21-I — до 1500 мм и АМ-21-II — от 1500 до 3000 мм.

Практические задания

1. Дайте характеристику устройства весового снегомера, зарисуйте его.
2. Рассчитайте характеристики снежного покрова по данным измерений снегомером. Как определить плотность снега, если

высота снега 45 см, число делений по линейке весов 83? (Практическое задание рекомендуется выполнять на природе).

Контрольные вопросы

1. Что такое снежный покров? Каковы его характеристики? Какие существуют закономерности его установления и схода? В чем заключается климатическое значение снежного покрова?
2. На чем основан принцип действия работы стационарных и переносных снегомерных реек?
- 3.*Для чего нужны пила, щипцы, скребок и штангенциркуль?

Практическая работа № 11

Определение метеорологической дальности видимости

Цель работы: изучение методов и приборов для определения метеорологической дальности видимости.

Приборы и принадлежности: поляризационный измеритель видимости М-53А, нефелометрическая установка М-71, щит ближний, щит дальний, регистраторы дальности видимости РДВ-2 и РДВ-3, фотометр импульсный ФИ-1, измеритель дальности видимости ФИ-3.

Наблюдая удаленные от нас объекты (здания, части ландшафта и пр.), мы замечаем, что степень их видимости очень непостоянна. Видимость бывает очень хорошей, когда четко различаются все детали объекта, бывает очень плохой, когда объект еле различим на фоне, а может достигать такого предела, когда объект зрением не воспринимается. Видимость объекта зависит от расстояния между глазом и объектом, от размеров и формы объекта, от яркости и цвета объекта и фона, на котором объект рассматривается, от освещенности объекта и фона, от прозрачности атмосферы и, наконец, от свойств органа зрения — глаза [17].

Количественно видимость характеризуется величиной, которая называется дальностью видимости. *Дальность видимости объекта S* — это то предельное расстояние, начиная с которого наблюдаемый объект под влиянием атмосферной дымки становится неотличимым от фона, т.е. становится невидимым.

В метеорологии наблюдения за видимостью представляют самостоятельный интерес для изучения прозрачности атмосферы, являющейся основным фактором, характеризующим оптические свойства атмосферы.

Метеорологическая дальность видимости (МДВ) S_m является одной из характеристик прозрачности атмосферы, под которой понимается способность слоя атмосферы пропускать видимое излучение (свет) [32].

Под метеорологической дальностью видимости понимается наибольшее расстояние, при котором яркостный контраст черной поверхности на фоне максимальной атмосферной дымки или тумана достигает порогового значения, воспринимаемого глазом (0,05).

Наряду с МДВ существует еще одна характеристика прозрачности атмосферы — *метеорологическая оптическая дальность (МОД)* S_0 — длина пути светового потока в атмосфере, на котором он ослабляется до 0,05 его первоначального значения.

На метеостанции должно обеспечиваться измерение (определение) МДВ в диапазоне от 50 м до 50 км. Полученные значения МДВ округляются в меньшую сторону следующим образом:

- до десятков метров в интервале от 50 до 100 м;
- до сотен метров в интервале от 100 м до 5 км;
- до целых километров в интервале от 5 до 30 км;
- до 5 км в интервале от 30 до 50 км.

По результатам визуальных оценок значения МДВ выражаются в баллах в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

Шкала баллов метеорологической дальности видимости

Балл	Расстояние до объекта при условии		Цифра кода КН-01
	виден	не виден	
0	0	50 м	90
1	50 м	200 м	91
2	200 м	500 м	92
3	500 м	1 км	93
4	1 км	2 км	94
5	2 км	4 км	95
6	4 км	10 км	96
7	10 км	20 км	97
8	20 км	50 м	98
9	50 км или более	—	99

МДВ определяется на сети метеорологических станций с помощью измерителя видимости М-53А в светлое время и нефелометрической установки обратного рассеяния М-71 в темное время суток. На станциях, где установлены базисные фотометры РДВ (регистраторы дальности видимости) РДВ-2, РДВ-3 или ФИ-1 (фотометр импульсный), измерение МДВ производится с их помощью. Принцип их действия основан на базисном методе измерения степени ослабления светового потока (светового коэффициента пропускания τ_0) в слое атмосферы длиной до 100 м. Эти

приборы устанавливаются в основном на сети авиационных метеостанций [25, 32].

Определение МДВ с помощью измерителя М-53А производят раздельно в светлое и темное время суток.

В светлое время суток наблюдения выполняют методом фотометрического сравнения или комбинацией метода фотометрического сравнения и метода относительной яркости (комплексным способом) по объектам наблюдений.

Метод фотометрического сравнения основан на сравнении яркостей двух объектов наблюдения, расположенных на разных расстояниях от наблюдателя. Этот метод позволяет определить МДВ до значений $10 L$ при наблюдениях по темным объектам и до $17 L$ — по черным щитам (L — расстояние до дальнего объекта или щита).

Комплексный способ наблюдений используется при отсутствии на местности, окружающей станцию, подходящих темных объектов и позволяет определять МДВ только по черным щитам; при $S_m < 4$ км — методом фотометрического сравнения, при $S_m \geq 4$ км — методом относительной яркости. Метод относительной яркости основан на сравнении яркостей двух щитов (щита и щитка-диафрагмы) и позволяет определять МДВ в диапазоне $10 L$ — $100 L$.

Фотометрирование (сравнение яркостей объектов наблюдения) производится с помощью **поляризационного измерителя видимости М-53А** (рис. 25).

В центральной части корпуса поляризационного измерителя видимости М-53А помещены поляроид и двоякопреломляющая призма. Призма дает оптическое раздвоение наблюдаемого изображения, причем одно изображение объекта наблюдения смещено относительно другого по вертикали.

При повороте поляроида происходит изменение яркостей смещенных изображений: при уменьшении яркости одного изображения яркость дру-

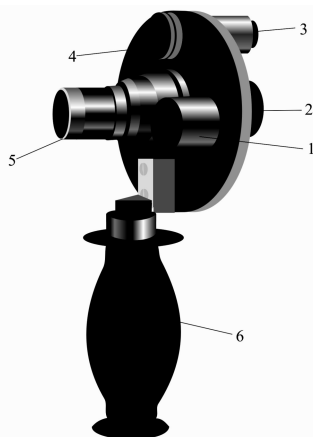


Рис. 25. Поляризационный измеритель видимости М-53А

ного увеличивается. Поворотом поляроида можно изменять яркости обоих смещенных изображений вплоть до полного гашения одного из них.

Поворот поляроида, укрепленного внутри корпуса прибора 4 на лимбе со шкалой, производится с помощью барабанчика 1. Угол поворота поляроида отсчитывается по шкале через окуляр 3, который снабжен диоптрийным кольцом для наводки на резкость изображения штрихов шкалы. На шкале целые деления нанесены длинными штрихами, половинки делений — короткими, четные деления оцифрованы. Десятые доли деления отсчитываются на глаз.

Наблюдение производится через наглазник 5 и защитное стекло прибора. С другой стороны отверстия в корпус прибора ввинчена блenda 2 для защиты оптики от прямых солнечных лучей и осадков, а также для ограничения поля зрения.

При работе прибор нужно держать за ручку 6, которая привинчивается к корпусу. Ручку можно надеть отверстием на штырь или кронштейн, укрепленный на столбике; это дает возможность производить наблюдения при определенном фиксированном положении прибора.

При отсчете, близком к нулю, через окуляр видно нераздвоенное изображение. Если поворачивать поляроид по направлению к делению 100, то появляется и становится все более ярким второе (нижнее) изображение всей видимой картины.

Если наблюдается темный объект на светлом фоне (в полевых условиях — на фоне неба), то при вращении от 0 к делению 100 верхнее изображение становится все светлее, поскольку на него накладывается усиливающееся нижнее изображение неба. Напротив, нижнее изображение объекта становится все темнее.

В перерывах между наблюдениями прибор, уложенный в футляр, должен храниться в сухом помещении. Переносить прибор к месту наблюдений и обратно рекомендуется также в футляре. В зимнее время через 10—15 мин после возвращения с метеоплощадки в теплое помещение прибор нужно вынуть из футляра и осторожно обтереть тонкой чистой салфеткой, чтобы удалить осевшую влагу.

В процессе эксплуатации не следует допускать нагревания прибора выше 40°C, так как это может вызвать расклепку призм.

По мере загрязнения наружных оптических поверхностей окуляра и защитного стекла их следует чистить ватой, накрученной на спичку и слегка смоченной этиловым спиртом.

Перед выполнением наблюдений с помощью установки М-71 в темное время суток наблюдатель должен провести следующие подготовительные операции:

- не менее 5—10 мин побыть в условиях освещенности, не превышающей освещенность на метеоплощадке;
- открыть окно и снять чехол (если установка стоит в помещении) или снять колпак (если установка стоит на метеоплощадке). Проводить наблюдения через стекло нельзя, так как свет, отраженный и рассеянный им, будет влиять на результаты наблюдений;
- вставить измеритель М-53А в отверстие корпуса и зажать его винтом;
- открыть крышку установки.

В *нефелометрической установке* М-71 используется зависимость яркости света, рассеиваемого воздухом назад к источнику, от прозрачности атмосферы (от метеорологической дальности видимости) (рис. 26).

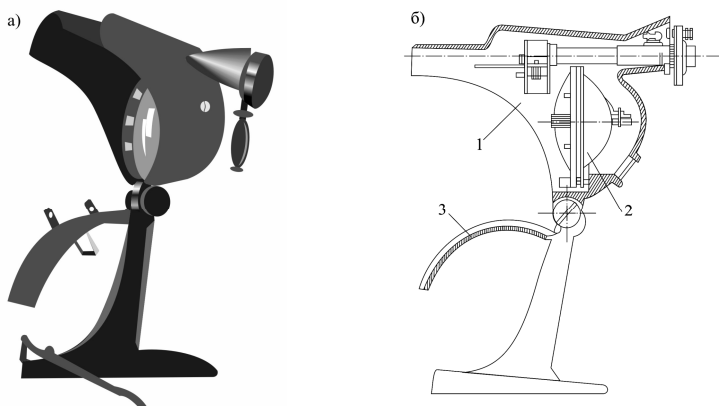


Рис. 26. Нефелометрическая установка обратного рассеяния М-71
а — внешний вид, б — схематическое изображение

Устройство установки М-71 показано на рис. 26б. Источник света — лампа-фара 2 — дает мощный световой пучок. Часть рассеянного назад света попадает в нижнее сквозное полукруглое отверстие световой коробки 1. Верхнее полукруглое отверстие, обращенное к наблюдателю, освещается светом лампы-фары, рассеянным в световой коробке. Освещенность верхнего отверстия не зависит от состояния атмосферы и создает эталонную яркость. Наблюдатель с помощью прибора М-53А сравнивает яркость рассеянного назад света с эталонной яркостью. Для этого, вращая поляроид прибора М-53А, уравнивают видимую яркость обоих полукруглых отверстий и в момент равенства берут отсчет по шкале. По отсчету с помощью градуировочной таблицы определяют значение МДВ.

Внешний вид установки М-71 показан на рис. 26а. В корпусе прибора установки помещена лампа-фара и световая коробка; прибор А1-53А вставляется в отверстие корпуса и зажимается винтом. На окуляр прибора надевается одна из пяти насадочных линз, входящих в комплект установки. При нормальном зрении наблюдателя используется линза с выгравированной цифрой 3, для близоруких предназначены линзы с цифрами 1 и 2, для дальнорук — с цифрами 4 и 5.

Лампа-фара при необходимости может быть закрыта крышкой 3.

Корпус прибора шарнирно соединен со стойкой, которая крепится на месте установки. Ослабляя винт шарнира, можно наклонить корпус в наиболее удобное для наблюдений положение.

Установка М-71 питается электрическим током напряжением 12 В либо от сети 220 В через блок питания с понижающим трансформатором 220/12 В, либо от аккумулятора 12 В, который подключается непосредственно к установке, минуя блок питания.

При организации наблюдений необходимо иметь в виду, что в светлое время суток наибольшую точность наблюдений обеспечивает метод относительной яркости. Преимущество метода относительной яркости состоит в том, что с помощью щита, установленного на расстоянии примерно 300 м от наблюдателя, можно определить МДВ в очень широком диапазоне — от 2 до 20—30 км. Однако при этом возникают серьезные трудности, связанные с эксплуатацией щита таких больших размеров ($\approx 4 \text{ м}^2$), осо-

бенно при ветровых нагрузках. Визуальные наблюдения позволяют получать значения МДВ только в баллах.

При организации наблюдений инспектор должен оценить обстановку и выбрать оптимальный вариант, обеспечивающий достаточную точность в конкретных условиях станции. При этом возможны сочетания, например, методов фотометрического сравнения и относительной яркости (комплексный способ) или измерений с помощью приборов РДВ-2 (РДВ-3) или ФИ-1 и визуальных наблюдений.

Существует *измеритель дальности видимости ФИ-3* (рис. 27), который предназначен для непрерывного дистанционного измерения и регистрации светового коэффициента направленного пропускания (СКНП) атмосферы в месте установки и вычисление по значению СКНП метеорологической (оптической) дальности видимости (МОД).

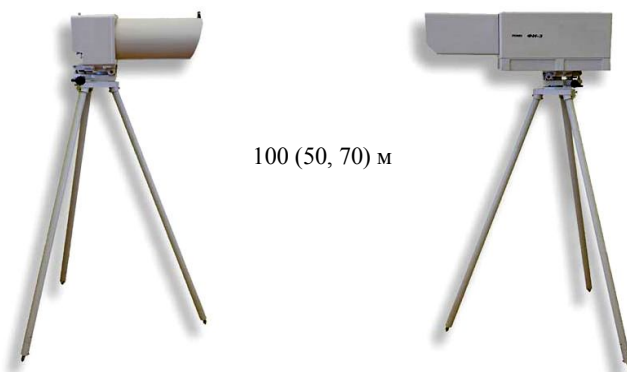


Рис. 27. Измеритель дальности видимости ФИ-3

При организации наблюдений методом фотометрического сравнения объекты наблюдений должны быть выбраны на расстоянии l , соответствующем возможностям метода: по объектам МДВ определяется в диапазоне от $1,2 l$ до $10 l$, по щитам — до $17 l$.

Как правило, устанавливается два щита: ближний на расстоянии 40—50 м и дальний на расстоянии 100—200 м (рис. 28). Использование больших расстояний до дальнего щита повышает точность измерения, но требует увеличения размеров щита.

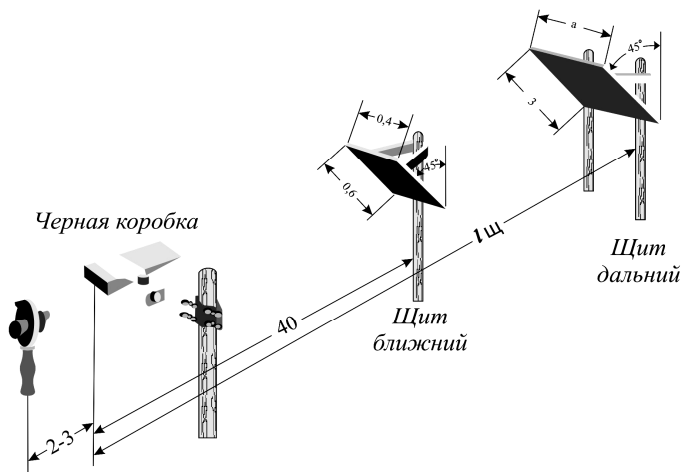


Рис. 28. Схема размещения оборудования при наблюдениях по методу фотометрического сравнения

Пример. По щиту, установленному на расстоянии 40 м (рис. 29) наблюдения могут производиться при S_m от $40 \times 1,2 = 48$ м до $40 \times 17 = 680$ м [32]. Однако этот интервал измерений не следует использовать полностью, так как в конце интервала значения S_m определяются с пониженной точностью. Если имеется щит на расстоянии 200 м, то при $S_m = 200$ м наблюдения производятся по нему. Интервал измерений при этом включает значения $S_m =$ от $200 \times 1,2 = 240$ м до $200 \times 17 = 3,4$ км. Поскольку при больших значениях отношения $z = S_m / l$ получаются большие погрешности, использование конца этого интервала нежелательно. Поэтому следующий объект (сарай) выбран на расстоянии 1400 м. Начиная с S_m , равной $1400 \times 1,2 = 1680$ м, наблюдения производят по нему, а начиная с $6 \times 1,2 = 7,2$ км — по дальнему объекту (лесу).

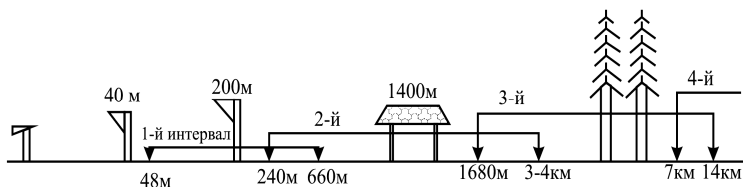


Рис. 29. Пример подбора объектов для производства наблюдений с помощью измерителя М-53А

Метод относительной яркости позволяет по щиту, расположенному на расстоянии l , определить МДВ в диапазоне от $10\ l$ до $100\ l$. Этот метод используется только тогда, когда нельзя выбрать объекты для измерения МДВ, большей 1—1,5 км, методом фотометрического сравнения. Метод относительной яркости сочетается с методом фотометрического сравнения (комплексный способ): значения МДВ до десятикратного расстояния до щита определяют по щитам методом фотометрического сравнения, а большие — по щиту методом относительной яркости.

В пункте наблюдений должны быть установлены два черных наклонных щита, щиток-диафрагма с прямоугольным отверстием в центре и столб с держателем прибора (рис. 30).

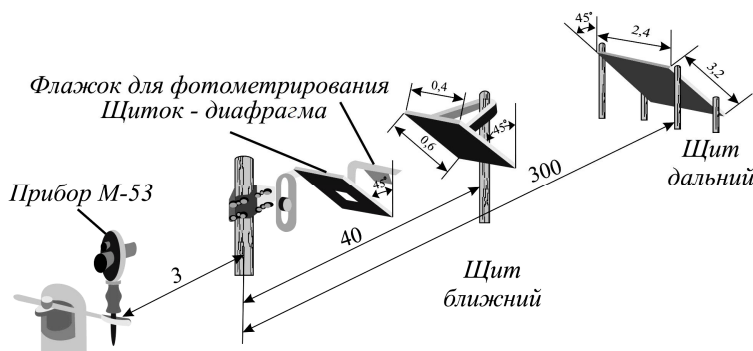


Рис. 30. Схема размещения оборудования при наблюдениях по комплексному способу

Щиты и щиток-диафрагма окрашиваются одной и той же черной матовой краской. Щиты не должны иметь сквозных щелей.

Расстояние от столба с держателем прибора до щитка-диафрагмы должно быть 3 м, расстояние от щитка-диафрагмы до первого щита 40—60 м, до второго щита 100—200 м (чем больше расстояние до щита, тем лучше). Размеры щитка-диафрагмы 70×100 мм, его центрального отверстия 15×21 мм, размеры второго щита: $a = 0,008l$; $b = 1,4a$. Соотношение размеров выбрано таким образом, чтобы после наклонной установки щитов и щитка-диафрагмы их видимая ширина равнялась видимой высоте (видимая форма-квадрат).

Для обработки результатов измерений комплексным способом составляют две вспомогательные таблицы: одна для измерений методом фотометрического сравнения (по ближнему и дальнему читам), другая — методом относительной яркости.

Независимо от того, проводится ли на станции определение МДВ по приборам, обязательно выбираются объекты для визуальной оценки МДВ днем.

При неполном наборе объектов используется методика определения МДВ с учетом степени плотности воздушной дымки на объектах.

Для визуальных наблюдений по огням в темное время суток на станции должна быть составлена таблица, которая позволяет по силе света огня, расположенного на пределе восприятия, с учетом расстояния до него и уровня внешней освещенности определять значения S_m (табл. 5).

Таблица 5

Таблица для определения МДВ по огням

Описание огней	Номер огня или условное обозначение	Направление на огонь	Сила света, кд	Расстояние до огня, м	S_m		
					в сумерках	при нуле	в темноте
Уличный фонарь — открытая электролампа	1	Ю-3	40	140	55	46	38
Электролампа над входом в электростанцию	2	С-3	60	700	430	330	250
Электролампа над крыльцом здания	3	С-В	100	1600	1300	900	680

Расчет значений S_m производится по формуле:

$$S_m = \frac{3L}{\ln(I / E_n L^2)} = \frac{3L}{2,3 \lg(I / E_n L^2)},$$

где L — расстояние до огня, м; I — сила света огня, кд (приближенно равна мощности лампы накаливания в ваттах); E_n — пороговая освещенность, лк (наименьшее значение освещенности на зрачке наблюдателя, при котором световой сигнал становится видимым) [32].

Расчет таблицы по этой формуле выполняется начальником станции или инспектором.

Практические задания

1. Определите метеорологическую дальности видимости визуальными методами.
2. Произведите наблюдения с помощью нефелометрической установки обратного рассеяния М-71.

Контрольные вопросы к теме

1. На чем основан метод фотометрического сравнения?
2. Как и с помощью каких приборов производится фотометрирование?
3. В каких условиях используется комплексный способ наблюдений для определения МДВ?

Практическая работа № 12

Наблюдения за атмосферными явлениями

Цель работы: определение характеристик и наблюдение за атмосферными явлениями, происходящими на метеорологической станции и в пределах видимой окрестности.

Характеристика состояния погоды дается на основании непрерывных наблюдений за атмосферными явлениями с учетом состояния неба и развития облачности.

Основными характеристиками определения атмосферных явлений являются следующие:

- вид атмосферного явления;
- время начала и окончания, продолжительность атмосферного явления;
- интенсивность атмосферного явления;
- состояние погоды в срок и между сроками наблюдений.

Вид атмосферного явления определяется визуально по внешним признакам явления в соответствии с перечнем и описанием явлений, составленных на основании классификации, принятой Всемирной метеорологической организацией (ВМО).

Время начала и окончания явления отмечается по всемирному скоординированному времени (ВСВ); продолжительность атмосферного явления определяется как разница между временем начала и окончания явления в течение метеорологических суток.

Интенсивность атмосферного явления определяется визуально по внешним признакам явления с учетом общего состояния погоды.

Состояние погоды определяется по непрерывным наблюдениям за атмосферными явлениями с учетом изменений в состоянии неба в соответствии с таблицами для ww (текущая погода) и W_1W_2 (прошедшая погода) кода КН-01.

Характеристики текущей и прошедшей погоды записываются в соответствующие графы книжки КМ-1 цифрами кода; кроме кода дается краткая словесная характеристика. Например, ww — 23 (дождь со снегом); W_1W_2 — 62 (дождь, пасмурно) [32].

Наиболее сильно рассеиваются в атмосфере голубые, синие и фиолетовые лучи, поэтому безоблачное небо принимает голубую окраску. Чем чище атмосфера, тем ярче синева неба. По мере увеличения примесей в воздухе небо принимает более светлую окраску,

приобретая белесый цвет. Ярко выраженный синий оттенок неба свидетельствует о наличии в данном месте чистого и сухого воздуха, имеющего обычно арктическое происхождение. Белесый оттенок служит признаком, как правило, большой запыленности воздуха, имеющего южное континентальное происхождение [30, 31].

Сумерками называется промежуток времени от момента захода солнца до наступления темноты (вечером) и от конца темноты до момента восхода солнца (утром). Явление сумерек производит солнечный свет, рассеивающийся в более высоких слоях атмосферы при положении солнца за линией горизонта.

Гражданские сумерки заканчиваются, когда солнце оказывается за горизонтом под углом 8° .

Астрономические сумерки заканчиваются, когда солнце опустится за горизонт на угол $16\text{—}18^\circ$. В это время полностью исчезает голубизна неба и становятся видимыми самые слабые звезды.

Продолжительность гражданских сумерек зависит от географической широты места, времени года и погодных условий. Самые короткие сумерки на экваторе — $23\text{—}24$ мин. В высоких широтах увеличиваются: на широте 60° в июле — до 2 ч, а на широте $80\text{—}90^\circ$ весной и осенью — до 30 дней. Высокие (перистые) облака несколько удлиняют продолжительность сумерек, а низкие и плотные — укорачивают.

Заря представляет собой разноцветную окраску неба у горизонта при заходе и восходе солнца. *Окраска зари* бывает разнообразной, но преобладает оранжевый или красный цвет. При большой влагонасыщенности воздуха заря приобретает багрово-красную или оранжевую окраску, а при запыленности — светло-желтую или золотистую.

Багрово-красная заря — один из признаков приближения циклона. Светло-желтая, розовая или золотистая заря наблюдается в сухих воздушных массах, циркулирующих обычно в антициклонах, а поэтому она является признаком предстоящей ясной и сухой погоды.

Рефракцией называется искривление светового луча в атмосфере, обусловленное неодинаковым распределением плотности воздуха. Если луч света следует от небесного светила, то наблюдаемая рефракция называется астрономической, а если от земного объекта — земной.

В результате земной рефракции при определенном распределении плотности воздуха в нижних слоях атмосферы могут возникать *миражи*. При миражах наблюдатель обычно видит и действительный предмет, и ложный, расположенный сверху, снизу или сбоку. Иногда видно только мнимое изображение. Миражи бывают верхние, нижние и боковые.

Верхний мираж бывает при резко выраженной приземной инверсии температуры, чаще всего наблюдается в полярных морях при тихой малооблачной погоде в утренние часы.

Нижние миражи образуются, когда у земли располагается сильно нагретый и менее плотный воздух, а несколько выше — более холодный и плотный. Нижние миражи наблюдаются над обширными равнинами, в пустынях, в первую половину дня, при полном отсутствии ветра и ясной погоде. Миражи являются признаком устойчивой спокойной погоды [31].

Радуга представляет собой разноцветную дугу на фоне дождевых облаков, расположенных в стороне, противоположной Солнцу, и образуется лишь тогда, когда из облаков выпадает дождь, причем, чем крупнее капли, тем отчетливее и ярче будет радуга, и наоборот, при мелкокапельном дожде она становится белесой, малозаметной или совсем не видна. Расположение и чередование цветов в радуге всегда одинаково: наружный (верхний) край окрашивается в красный цвет, затем следует оранжевый, зеленый, а нижний край — в фиолетовый.

Образование радуги объясняется преломлением, внутренним отражением и разложением на составные цвета солнечных лучей в дождевых каплях.

Полярные сияния по своей природе относятся к числу электрических явлений. Наблюдаются они главным образом в полярных районах земного шара. Внешний вид (форма) и окраска их весьма разнообразны.

Полярные сияния возникают в высоких слоях атмосферы (от 80 до 1200 км) и представляют собой свечение разреженных газов под действием электронного потока, идущего от солнца при взаимодействии с магнитным полем Земли.

Атмосферные явления, за которыми производятся наблюдения на метеорологической станции, разделяются на следующие группы (см. *Приложение б*):

— *гидрометеоры*, которые представляют собой скопление жидких или твердых частиц воды, падающих в атмосфере (осадки, выпадающие на земную поверхность), взвешенных в ней (туманы), отлагающихся на предметах, на поверхности земли или в атмосфере (осадки, образующиеся на поверхности) или поднятых ветром с поверхности земли (метели);

— *литометеоры*, представляющие собой скопление твердых частиц (не водных), которые поднимаются с поверхности земли ветром и переносятся на некоторое расстояние либо остаются в воздухе во взвешенном состоянии;

— *электрические явления*, к которым относятся видимые или слышимые (звуковые) проявления действия атмосферного электричества;

— *оптические явления в атмосфере*, возникающие в результате отражения, преломления или дифракции солнечного или лунного света;

— *неклассифицированные (различные) явления в атмосфере*, которые затруднительно отнести к определенному виду, указанному выше.

Каждая группа явлений разделяется на несколько видов и разновидностей.

Интенсивность большинства атмосферных явлений представляет собой субъективную качественную оценку явления на данной станции. При этом различают интенсивность, обычную для данной станции в конкретный сезон (умеренную), слабую и сильную.

Слабая или сильная интенсивность отмечается в тех случаях, когда характер явления значительно отличается от умеренной интенсивности. В случае слабой интенсивности у символа вида явления ставится 0, в случае сильной — 2; при умеренной интенсивности отмечается только символ явления.

При ливневом дожде различается интенсивность слабая, умеренная, сильная и очень сильная; в случае очень сильной интенсивности у символа также ставится 2.

Интенсивность шквала, вихря, смерча, ледяных игл, полярного сияния и миража наблюдатель не оценивает.

При дымке различается интенсивность слабая и умеренная; характеристика интенсивности «сильная» для дымки не применяется. Слабая дымка отмечается при видимости от 6 до 10 км.

При оценке интенсивности тумана, дымки, мглы используются значения метеорологической дальности видимости (количественные критерии).

При более крупных продуктах конденсации и при большей их концентрации у земной поверхности дальность видимости может стать менее 1 км. В таких случаях говорят уже не о дымке, а о тумане. *Туманом* называют скопление продуктов конденсации (капель, кристаллов или тех и других) у земной поверхности и связанное с ним сильное помутнение воздуха, при котором дальность видимости становится менее 1 км. При сильном тумане дальность видимости может уменьшиться до немногих десятков метров и даже до немногих метров.

При положительных температурах туман состоит из капель. При не слишком низких отрицательных температурах он также состоит из переохлажденных капель. Только при температурах около -10°C и ниже в тумане наряду с каплями появляются кристаллы, и он становится смешанным, подобно смешанному облакам. При очень низких температурах туман может быть целиком кристаллическим; однако наблюдались случаи капельножидкого тумана даже при температурах ниже -30°C .

Если сильное помутнение вызвано не продуктами конденсации, а твердыми частицами, то оно называется *мглой*. Мгла особенно часто возникает в районах эродированных почв и пыльных бурь в пустынных и степных районах, а также в результате задымления воздуха при лесных пожарах и над промышленными городами. При мгле относительная влажность может быть очень небольшой. Этим она отличается от тумана, ее иногда называют промышленным туманом. Дальность видимости при сильной мгле может уменьшаться так же значительно, как и при тумане.

Для оценки интенсивности *метели* используют наблюдения за метеорологической дальностью видимости и скоростью ветра.

Слабая метель отмечается при скорости ветра до 8 м/с и видимости не менее 6 км, сильная метель — при скорости 10 м/с и видимости не более 4 км. При других условиях интенсивность метели оценивается как умеренная.

Наблюдатель должен особенно внимательно следить за развитием осадков, выпадающих на земную поверхность, грозы, зарницы, гололеда, изморози, гололедицы, тумана, метели, пыльной

бури для определения момента, когда эти явления достигнут опасного или особо опасного значения.

Если одновременно наблюдается несколько явлений, то отмечается время начала и окончания каждого явления.

Результаты наблюдений за атмосферными явлениями записываются в соответствующие графы книжки КМ-1.

Деятельность человека может оказывать влияние на процессы образования облаков и формирование осадков. Так, при определенных атмосферных условиях могут образовываться искусственные облака как, например, следы самолетов, облака типа кучевых в восходящем искусственно нагретом воздухе над заводскими трубами в зимнее время или над сильными пожарами.

Образование искусственных облаков с выпадением осадков в интересах сельского хозяйства возможно путем создания мощного вертикального подъема воздуха. Это достигается возбуждением термической конвекции с подогревом воздуха у земли с помощью горелок (метеотронов) или динамическим методом с использованием турбореактивных двигателей. Но эти методы связаны с огромными затратами энергии и могут дать положительный эффект лишь при достаточной естественной неустойчивости и влажности воздуха.

Условием выпадения осадков из облаков является наличие в них твердой фазы. Поэтому методы стимулирования осадков основаны на изменении фазового состояния облака реагентами, в частности, твердой измельченной углекислотой, дымом йодистого серебра или йодистого свинца. Испарение твердой углекислоты приводит к сильному охлаждению (до -40°C) и превращению переохлажденных капель воды в кристаллы льда, а очень мелкие частицы йодистого серебра сами выполняют роль ледяных зародышей.

Получение осадков из облаков возможно при их определенных параметрах: для слоисто-кучевых облаков — толщина более 250 м, средняя температура облака — не выше -2°C ; для конвективных облаков — толщина более 3,6 км, температура на уровне засева реагентов — не выше -12°C .

При естественном образовании осадков облако выделяет влаги в 10—20 раз больше, чем в нем содержится. В таком случае облако является своего рода генератором, преобразующим водяной

пар, содержащийся в окружающем воздухе, в осадки. То есть воздействиями на облака можно предотвращать опасные ливни, вызывающие наводнения, оползни, сели. Для этого стимулируют выпадение дождя небольшой интенсивности, в результате чего прекращается рост облака, которое может дать опасные ливни.

Аналогичные воздействия применяются и для предотвращения града, представляющего большую опасность для сельского хозяйства. Введение реагентов в виде твердой уголекислоты, йодистого серебра или йодистого свинца в кучево-дождевое облако, угрожающее градом, ведет к выпадению из него осадков в виде дождя вместо града.

Для наблюдений за *гололедно-изморозевыми отложениями* применяется гололедный станок.

Вид и продолжительность гололедно-изморозевого отложения определяются наблюдателем путем визуального осмотра проводов гололедного станка и оценки фактических погодных условий с целью правильного отнесения наблюдаемого отложения к соответствующему виду.

Размеры отложения определяются на основании измерений наибольшей по величине оси поперечного сечения отложения (диаметр D) и расстояния между двумя наиболее удаленными точками в направлении, перпендикулярном линии диаметра (толщина T). Диаметр и толщина отложения выражаются в миллиметрах; диаметр провода d из результатов измерений вычитается.

Масса отложения определяется по объему растаявшей пробы отложения, взятой с участка провода длиной 25 см, с последующим пересчетом в массу отложения на одном метре провода; выражается в граммах на метр длины [32].

На станциях, где высота снежного покрова превышает 50 см, необходимо устанавливать более высокие стойки, к которым привинчиваются скобы для установки проводов на высотах 240 и 270 см. На станциях, где высота снежного покрова превышает 100 см, нужно устанавливать более высокие стойки со скобами для проводов на высотах 290 и 320 см.

Для того чтобы во время наблюдений отличить иней от изморози, рядом с гололедным станком устанавливается ледоскоп.

Станции, где максимальное значение отложения не превышает 100 мм, должны иметь ванны диаметром 15 см. На станциях, где отложения достигают больших значений, должны быть:

- ванны двух размеров: диаметром 15 и 25 см;
- пила для пропиливания прорези в плотных видах отложений (гололед) при наклаывании ванны. Пила должна быть небольшого размера с мелкими зубцами 1,5—2 мм. При отсутствии стандартной пилы можно использовать другую, пригодную для указанной цели;

- щипцы и скребок служат для очистки проводов от отложения льда. Рыхлое отложение удаляется скребком. Если корка льда твердая и скребком ее удалить не удастся, то вначале ее раздавливают щипцами, а затем очищают провод скребком;

- штангенциркуль ГОСТ 166-80 и шаблоны Пономарева предназначены для измерения размеров отложения.

Ледоскоп является вспомогательной установкой для визуальных наблюдений за инеем, изморозью и гололедом.

Результаты наблюдений за гололедно-изморозевыми отложениями на проводах записываются в книжку КМ-4.

Практические задания

1.*Перечислите основные атмосферные явления, за которыми производятся наблюдения на метеорологических станциях, охарактеризуйте причины их образования.

2. Используя литературные источники и интернет-ресурсы, подготовьте реферат-презентацию по видам и разновидностям основных групп атмосферных явлений.

Контрольные вопросы

1. Как определяется время начала, окончания и интенсивность атмосферного явления?

2.*Какие оптические явления служат признаками изменения погоды?

3. Как и для чего образуются искусственные облака с выпадением осадков?

Практическая работа № 13

Загрязнение атмосферы

Цель работы: изучение основных загрязнителей атмосферы и факторов их происхождения.

Проблема чистоты атмосферы возникла с развитием промышленности и транспорта, первоначально работавших на угле, а затем на нефти. Быстрый и повсеместный рост промышленности и транспорта в XX в. привел к увеличению объемов и токсичности выбросов, которые не могли быть рассеянными в атмосфере до безвредных для природной среды и человека концентраций.

Загрязнение атмосферы имеет естественное и искусственное происхождение. К естественным факторам относятся: внеземное загрязнение воздуха космической пылью; земное загрязнение при извержении вулканов, выветривании горных пород, пыльных бурях, лесных пожарах, возникающих от молний, выносе морских солей. Естественное загрязнение может быть также неорганическим и органическим. К органическим загрязнениям относятся: планктон, бактерии, в том числе и болезнетворные, споры грибов, пыльца растений.

Главными и наиболее опасными источниками искусственного загрязнения атмосферы являются промышленные, транспортные и бытовые выбросы [30].

Вещества, загрязняющие атмосферу, подразделяются на первичные и вторичные. Первичные — это вещества, содержащиеся непосредственно в выбросах предприятий и поступающие с ними от разных источников; вторичные — это продукты трансформации или вторичного синтеза. Вторичные вещества нередко более опасны, чем первичные.

Все промышленные источники загрязнения атмосферы подразделяются на организованные и неорганизованные. К организованным источникам относятся выбросные трубы, шахты, дефлекторы и т.п.; к неорганизованным — открытые склады сырья, карьеры, хранилища твердых и жидких отходов, места загрузки и выгрузки железнодорожных вагонов, автомашин. Обычно неорганизованные источники по высотному расположению относятся к наземным.

К высоким точечным источникам относятся трубы, через которые производится выброс в верхние слои атмосферы технологических газов и загрязненного вентиляционного воздуха. От высоких источников максимальное загрязнение приземного слоя воздуха наблюдается на расстоянии, превышающем в 10—40 раз высоту трубы, а при удалении от этой зоны в подветренную сторону концентрация загрязняющих веществ убывает.

Форма дымовой струи и связанное с этим распределение концентрации примесей у земли зависят от метеорологических условий, прежде всего от скорости ветра и вертикальной стратификации температуры воздуха.

Воздух часто представляется замутненным из-за наличия в нем различных примесей и мельчайших продуктов конденсации. Примеси рассеивают проходящий свет и приводят к ухудшению видимости. Если помутнение воздуха невелико (дальность видимости 1—10 км), оно называется *дымкой*. Помутнение вызывают микроскопические частицы — капли (или кристаллы) и пылинки.

Обычно дымка наблюдается у земной поверхности. Отсюда она распространяется на более или менее значительную высоту вверх. Дымка ослабляет краски ландшафта и уменьшает дальность видимости, т.е. расстояние, на котором различимы очертания предметов.

Если диаметр рассеивающих частиц меньше длины световых волн (радиус — десятые доли микрометра), то дымка окрашивает отдаленные предметы в синий цвет, как бы обволакивает их голубой вуалью. Белым или светящимся отдаленным предметам (диск солнца, облака, снежные горы) она придает желтоватую окраску. Такое помутнение называется *опалесцирующим* [46]. При более значительных размерах рассеивающих частиц дымка принимает белесоватый или сероватый оттенок.

В больших городах и в промышленных районах наблюдается очень неприятное и даже опасное явление, называемое смогом. *Смог* — сильный туман, смешанный с газообразными и твердыми примесями антропогенного происхождения. Первоначально под термином «смог» понимали смесь тумана и дыма. Такого типа смоги в Лондоне наблюдались уже более 100 лет тому назад. В настоящее время установлено, что кроме дымотуманных смогов существуют фотохимические смоги, которые образуются в

результате реакции между примесями в атмосфере во взаимодействии с каплями тумана. Основная причина загрязнения воздуха при дымотуманных смогах — сжигание угля и мазута, а при фотохимических смогах — выбросы автотранспорта. При туманах вредное воздействие ряда примесей, например, сернистого газа, превращающегося в аэрозоль серной кислоты, сильнее, чем при других погодных условиях. При фотохимических смогах оксиды азота и углеводорода, содержащиеся в выхлопных газах автомашин, под влиянием солнечной радиации образуют различного рода окислители. Смоги вызывают удушье и раздражение глаз, повреждение растительности и резиновых изделий, ухудшение видимости и т.д.

Вредное влияние на здоровье человека оказывают соединения свинца, содержащиеся в выхлопных газах автотранспорта. Присутствие свинца в крови человека возрастает с увеличением его содержания в воздухе, что приводит к снижению активности ферментов, участвующих в насыщении крови кислородом, к нарушению обменных процессов.

Практические задания

1. Определите основные источники и факторы происхождения загрязнения атмосферы в городе. Какие соединения загрязнителей атмосферы оказывают негативное влияние на здоровье человека?
2. Используя литературные источники и интернет-ресурсы, подготовьте реферат-презентацию по изучаемой теме.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины образования туманов? На какие классы делятся туманы по происхождению? Каковы свойства различных классов туманов?
2. Опишите географическое распределение туманов. Каковы причины различной повторяемости туманов?
3. Чем отличаются туманы, смог и дымка?

Практическая работа № 14

Наблюдения за облаками

Цель работы: определение внешнего вида облаков, изучение методов и приборов измерения высоты нижней границы облаков.

Приборы и принадлежности: измеритель высоты нижней границы облаков, наземный импульсный световой измеритель высоты облаков ИВО-1М, атлас облаков.

Облаком называется видимое скопление продуктов конденсации или сублимации водяного пара на некоторой высоте [31], т.е. облака представляют собой системы взвешенных в атмосфере частиц воды в жидкокапельном и (или) твердом (кристаллическом) состоянии, которые являются продуктами конденсации водяного пара.

Внешний вид облаков определяется характером и интенсивностью процессов облакообразования, а также зависит от интенсивности освещения облаков.

При наблюдениях за облаками определяют:

- количество облаков (облачность);
- формы облаков;
- высоту нижней границы облаков.

Количество облаков (облачность) определяется суммарной долей небосвода, которая закрывается облаками, от всей видимой поверхности небосвода.

Количество облаков (облачность) оценивается в баллах, 1 балл составляет 0,1 часть всего небосвода.

Формы облаков определяются по внешнему виду в соответствии с принятой классификацией облаков. Типичные виды форм, их названия и цифры кода для их кодирования даны в Атласе облаков. Там же приведена классификация облаков, а также описание основных форм, видов и разновидностей.

Высота нижней границы облаков измеряется как расстояние от поверхности земли до основания облака.

Измеритель высоты нижней границы облаков (рис. 31) представляет собой оптический импульсный локатор, предназначенный для измерения высоты нижней границы облаков над местом установки передатчика и приемника, обработки измерений и передачи результатов обработки на средства отображения (пульт

дистанционного управления (ПДУ) или компьютер автоматизированной системы) по линиям связи — двухпроводной линии или радиоканалу.

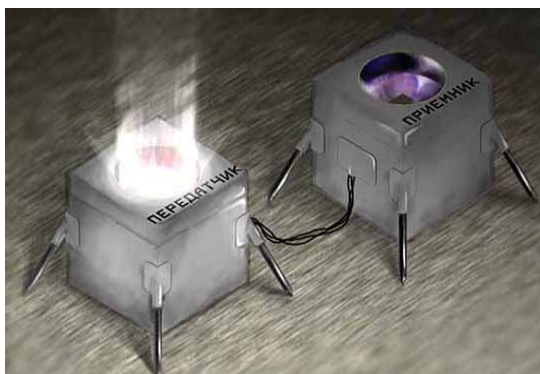


Рис. 31. Измеритель высоты нижней границы облаков

Измерение высоты нижней границы облаков производится, если облака (их нижние основания) расположены не выше 2500 м над уровнем моря. Если облака расположены на разных уровнях и высоту самых низких облаков не удалось измерить инструментально, необходимо дополнительно оценить ее визуально.

При проведении наблюдений за характеристиками облачности должны соблюдаться следующие условия:

- наблюдения за количеством и формой облаков, а также визуальные наблюдения за высотой их нижней границы следует проводить с такого места на станции, с которого виден весь небосвод (по возможности до горизонта);
- оценка количества и форм облаков должна производиться в сроки наблюдений в соответствии с программой работы станции;
- учитывая непрерывные, часто быстрые изменения облачности и переход облаков одних форм в другие, необходимо следить за образованием, развитием и изменением облачности не только в сроки наблюдений, но и между сроками.

При наблюдениях определяется общее количество облаков всех ярусов, покрывающих весь видимый небосвод (общая облачность), и количество облаков только нижнего яруса (нижняя облачность).

Количество облаков по всему видимому небосводу оценивается визуально по 10-балльной шкале [32]. При отсутствии облаков количество облаков оценивается в 0 баллов. Если облаками занята 0,1 часть небосвода, количество облаков оценивается 1 баллом, 0,3—3 баллами и т.д. При полном покрытии небосвода количество облаков оценивается 10 баллами.

Количество облаков менее 1 балла отмечается как следы. При этом форма этих облаков не определяется.

Если облаками покрыто более 0,9 небосвода (более 9 баллов), но имеются отдельные просветы (составляющие менее 0,1 небосвода), то количество облаков (облачность) оценивается как 10 баллов с просветами (10).

При оценке количества облаков, когда они занимают менее половины видимого небосвода, следует мысленно суммировать покрытые облаками части небосвода. Если количество облаков больше 5 баллов (т.е. облаками покрыто больше половины небосвода), удобнее суммировать площади, не занятые облаками, и полученную величину, выраженную в баллах, вычесть из десяти. Остаток покажет количество облаков в баллах.

Следы конденсации от самолетов включаются в количество облаков только в том случае, если они устойчивы и имеют сходство с какой-либо формой облаков.

Если сквозь туман, дымку или мглу видны облака, следует определить их количество, не считая туман, дымку или мглу за облака. Количество облаков на небосводе не оценивается, если туман или сильная мгла просвечивают, но не в такой степени, чтобы можно было определить количество облаков.

Определение форм облаков, их видов и разновидностей производится для всех облаков, имеющихся на небосводе, когда они по количеству составляют 0,5 балла и более.

Разрешается не определять форму облаков, находящихся ниже 5—6° над горизонтом, однако при этом облака с резко выраженными очертаниями (например, *Ci* и *Cb*) обязательно отмечаются.

Определение форм, видов и разновидностей облаков следует начинать с тех, которые занимают наибольшую часть небосвода, а затем переходить к следующим в порядке убывания их видимого количества.

При определении формы облаков пользуются морфологической классификацией, в соответствии с которой в зависимости от внешнего вида их и структуры выделено 10 основных форм (родов) облаков. В каждой из основных форм выделяют 2—3 вида.

Основные разновидности облаков отражают специфические особенности их образования, внешнего вида или связанного с этой разновидностью атмосферного явления. Поэтому одна и та же разновидность может иметь место в разных видах и даже разных формах. Классификация основных форм [30, 31, 32], видов и разновидностей облаков приведена в таблице 6 и *Приложении 7*.

Таблица 6

**Международная классификация облаков
по морфологическим признакам, т.е. по внешнему виду облаков**

Название форм облаков		Сокращенное обозначение	Средняя высота, км
Русское	Латинское		
Облака верхнего яруса (высота основания более 6 км)			
I. Перистые	Циррус cirrus	<i>Ci</i>	7—8
II. Перисто-кучевые	Циррокумулус cirrocumulus	<i>Cc</i>	6—8
III. Перисто-слоистые	Цирростратус cirrostratus	<i>Cs</i>	6—8
Облака среднего яруса (высота основания 2—6 км)			
IV. Высококучевые	Альтокумулус altocumulus	<i>Ac</i>	2—6
V. Высокослоистые	Альтостратус altost- tafus	<i>As</i>	3—5
Облака нижнего яруса (высота основания ниже 2 км)			
VI. Слоисто-кучевые	Стратокумулус sfratocumulus	<i>Sc</i>	0,8—1,5
VII. Слоистые	Стратус sfratus	<i>St</i>	0,1—0,7
VIII. Слоисто- дождевые	Нимбостратус nimbosfratus	<i>Ns</i>	0,1—1,0
Облака вертикального развития (с основанием ниже 2 км и вершинами, достигающими среднего и верхнего ярусов)			
IX. Кучевые	Кумулус cumulus	<i>Cu</i>	0,8—1,5
X. Кучево-дождевые	Кумулониimbus cumulonimbus	<i>Cb</i>	0,4—10

Облака верхнего яруса состоят из мельчайших кристалликов льда:

— *перистые облака (Ci)* — отдельные белые волокнистые облака, обычно прозрачные. Толщина слоя — от сотен метров до нескольких километров. Сквозь них просвечивают Солнце и Луна, яркие звезды. Осадков не дают. Одной из разновидностей перистых облаков являются перистые когтевидные — *cirrus uncinus (Ci unc)*;

— *перисто-кучевые облака (Cc)* — белые тонкие облака в виде мелких волн, ряби, без серых оттенков. Осадков не дают;

— *перисто-слоистые облака (Cs)* — беловатая или голубоватая пелена слегка волокнистого строения, сквозь которую просвечивают Солнце и Луна. Вокруг светил образуется гало (радужные круги с радиусом 22 или 46° или части этих кругов). В Арктике могут давать осадки в виде мелкого снега. Как правило, пелена Cs, надвигаясь, постепенно закрывает все небо.

Облака среднего яруса:

— *высококучевые облака (Ac)* — белые, иногда сероватые облака в виде волн или гряд, состоящие из отдельных пластин или хлопьев, иногда сливающихся в сплошной покров. Состоят преимущественно из переохлажденных капель воды.

Высококучевые облака бывают просвечивающие *Alto cumulus translucidus (Ac trans)* и плотные *Alto cumulus opacus (Ac op)*, в виде сплошного покрова, на нижней поверхности которого рельефно выступают темные волны, гряды или пластины;

— *высокослоистые облака (As)* — серая или синеватая однородная пелена слегка волокнистого строения. Как правило, постепенно закрывают все небо. большей частью состоят из переохлажденных капель воды и ледяных кристаллов. Эти облака могут быть просвечивающие *Altostratus translucidus (As trans)* (Солнце и Луна просвечивают, как через матовое стекло, с образованием венцов вокруг светил) и плотные *Altostratus opacus (As op)* (Солнце и Луна не просвечивают, но их местоположение на небе можно определить по расплывчатому пятну). Из облаков могут выпадать слабые осадки, достигающие поверхности земли в виде редких капель или снежинок.

Облака нижнего яруса:

— *слоисто-кучевые облака (Sc)* — серые облака, состоящие из крупных гряд, волн, пластин, разделенных просветами или сливающихся в сплошной серый волнистый покров. Состоят преимущественно из капель воды. В зимнее время состоят из переохлажденных капель воды, иногда встречается некоторое количество ледяных кристаллов и снежинок. Зимой из облаков могут выпадать осадки в виде снега;

— *слоистые облака (St)* — однородный слой серого цвета, сходный с туманом, но расположенный на некоторой высоте. Состоят из капель воды, при температуре ниже 0°C капли находятся в переохлажденном состоянии. Из облаков могут выпадать осадки в виде мороси;

— *слоисто-дождевые облака (Ns)* — темно-серый облачный покров, иногда с синеватым оттенком. Обычно закрывает все небо сплошным слоем без просветов. Из облаков выпадают осадки в виде обложного дождя или снега.

Облака вертикального развития (конвективные облака):

— *кучевые облака (Cu)* — плотные, развитые по вертикали облака с белыми куполообразными вершинами и плоским сероватым основанием. Могут представлять собой отдельные, редко расположенные облака или образовывать скопления, закрывающие почти все небо. Облака состоят в основном из капель воды, при температуре ниже 0°C капли воды находятся в переохлажденном состоянии.

Кучевые облака подразделяются на плоские кучевые *cumulus humilis (Cu hum)*: их толщина меньше горизонтальной протяженности; кучевые средние *cumulus mediocris (Cu med)*; мощные кучевые *cumulus congestus (Cu cong)* сильно развиты по высоте. Изредка из *Cu cong* могут выпадать отдельные капли дождя. В тропиках могут давать ливни;

— *кучево-дождевые облака (Cb)* — мощные белые облачные массы с темным основанием. Поднимаются в виде гор или башен, верхние части которых имеют волокнистую структуру. Верхняя часть облака состоит из кристаллов льда (наковальня — *incus*). Из облаков выпадают ливневые осадки, летом часто с грозами.

Облака вертикального развития образуются при вертикальном подъеме воздуха (конвекции) и связанного с этим адиабатического охлаждения воздуха до стадии конденсации и сублимации

водяного пара. Конвекция может быть термическая в неустойчивом слое воздуха и динамическая при натекании воздуха на горный хребет или при прохождении атмосферного фронта (холодного), когда холодный воздух клином подтекает под теплый, вынуждая его к бурному восходящему движению.

Внутримассовые конвективные облака на суше летом имеют суточный ход, появляются вскоре после восхода Солнца, наибольшего развития достигают в полуденные часы и с заходом Солнца растекаются. В тропиках над океанами кучевые облака имеют обратный суточный ход, т.е. развиваются в ночное время.

При прохождении атмосферного фронта эти облака могут быть в любое время суток.

Если уровень температурной инверсии находится ниже уровня конденсации, то облака не образуются.

Прохождение крупных кучево-дождевых облаков летом часто сопровождается шквалом, сильным, продолжительностью в несколько минут, ветром со скоростью до 20—30 м/с. Шквалы возникают в результате образования вихревого движения воздуха с горизонтальной осью в передней по ходу движения части облака.

При изменении условий образования облаков (вертикальная температурная стратификация, влажность, уровень конденсации, уровень заморозания) облака могут видоизменяться.

Перистые облака могут преобразоваться в перисто-слоистые. Перисто-слоистые облака при значительном уплотнении и снижении переходят в высокослоистые, которые при уплотнении и опускании нижней границы переходят в слоисто-дождевые.

Высококучевые часто переходят в слоисто-кучевые. Слоисто-кучевые при снижении могут перейти в слоистые и в слоисто-дождевые. Также возможен обратный переход облаков.

В вечерние часы при ослаблении или прекращении термической конвекции происходит растекание кучевых облаков и они переходят в слоисто-кучевые вечерние — *strato-cumulus vesperalis* (*Sc vesp*).

Важными признаками, помогающими определить принадлежность облака к той или иной форме, виду или разновидности, являются:

— происхождение и развитие наблюдаемого облака из облаков какой-либо другой формы;

— световые (оптические) явления, наблюдаемые в облаках различных форм (круг вокруг Солнца и Луны, венцы, столбы), и степень прозрачности облаков;

— выпадающие из облаков осадки и их характер.

Определение количества облаков в темную часть суток надо производить, руководствуясь видимостью звезд, т.е. считая покрытыми облаками те части неба, где звезд не видно. Однако при этом надо иметь в виду, что существуют тонкие облака (*Ci*, *Cs* и др.), сквозь которые звезды хорошо просвечивают.

Низкие сплошные облака (например, *St ft*; *Sc* и пр.) могут быть определены также по их освещению наземными источниками света.

На метеорологических станциях основным методом измерения высоты нижней границы облаков является светолокационный метод: высота облаков определяется по времени прохождения светом расстояния от датчика светового импульса до нижней границы облаков и обратно до приемника [32]:

$$H = \frac{c \cdot \tau}{2},$$

где c — скорость света ($3 \cdot 10^8$ м/с); τ — время.

При производстве измерений применяется наземный импульсный световой измеритель высоты нижней границы облаков ИВО-1М для диапазона измерений 50—2000 м.

Установка состоит из датчика и приемника световых импульсов, пульта управления, соединительных кабелей.

Датчик посылает вертикально к облаку световой импульс.

Приемник с помощью фотоэлектронного умножителя преобразует отраженный от облака световой импульс в электрический сигнал и передает его на пульт управления. Определение времени τ производится на экране электронно-лучевой трубки, результат получается в метрах высоты. Частота посылки импульсов 20 Гц.

Измерение высоты облаков производится только при наличии их непосредственно над местом установки прибора. При наличии сильных осадков или тумана измерение высоты облаков не производится. Измерительный пульт ИВО располагается в служебном помещении метеорологической станции. Излучатель и приемник устанавливаются вблизи служебного помещения станции

на расстоянии не более 100 м от пульта управления и на расстоянии друг от друга около 8—10 м на открытой площадке. Для уменьшения заноса снегом излучатель и приемник устанавливаются на подставках [32].

Фотоусилитель (рис. 32) ИВО/РВО предназначен для преобразования световых импульсов в электрические и предварительного их усиления в комплекте работы с изделиями ИВО-1М, РВО-2, РВО-2М [25].

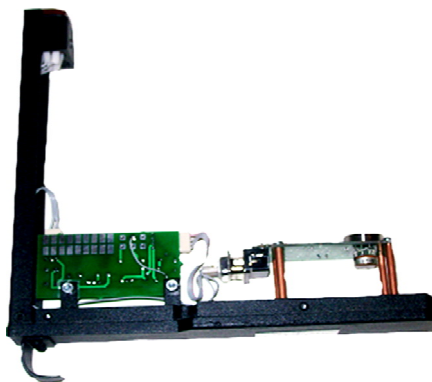


Рис. 32. Фотоусилитель

При отсутствии на станции прибора ИВО, а также в случае, если нижняя граница самых низких облаков не находится точно над пунктом измерения, наблюдатель должен оценить высоту нижней границы облаков визуально.

Высота нижней границы облаков записывается в метрах при инструментальном измерении или с округлением до десятков метров, если определялась визуально.

Результаты определения высоты облаков записываются в книжку КМ-1 в строку «Высота нижней границы облаков» с обязательным указанием в этой строке формы облаков, высота которых была определена, и с указанием способа определения (ИВО, гл. — глазомерно).

Если определена высота нескольких облачных слоев, то в книжку КМ-1 записываются все высоты.

Практические задания

1. Охарактеризуйте установку наземного импульсного светового измерителя высоты нижней границы облаков ИВО-1М. Как определяется внешний вид облаков? (Практическое задание рекомендуется выполнять на природе).
2. По атласу облаков [5, 6, 7] определите и охарактеризуйте облака верхнего, среднего и нижнего ярусов.

Контрольные вопросы к теме

1. На какие виды делятся облака по высотам их образования? Каково микрофизическое строение отдельных родов облаков?
2. Как оценивается количество облаков (облачность) на небе? Как производится измерение высоты нижней границы облаков?
3. Каков генезис образования кучевообразных, волнообразных и слоистообразных облаков?

Глава 4

БАРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Практическая работа № 15

Атмосферное давление, приборы и единицы его измерения

Цель работы: определение характеристик атмосферного давления и изучение методов и приборов для его измерения.

Приборы и принадлежности: Барометр чашечный стационарный (СР-А и СР-Б), барограф метеорологический М-22АН

Атмосферное давление представляет собой силу, действующую на единицу поверхности. Оно является важнейшей характеристикой физического состояния атмосферы. Различия давления в пространстве являются причиной движения воздуха, а изменения во времени свидетельствуют о прохождении атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов, о смене воздушных масс.

Данные об атмосферном давлении необходимы для составления синоптических карт и прогнозов изменения погоды, для расчета характеристик влажности воздуха. Измерение атмосферного давления является основой барометрического нивелирования. Превышение между двумя точками определяется по формуле Бабинне [29]:

$$h = \frac{16000(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2}(1 + \alpha t),$$

где h — превышение между двумя точками в м; P_1 и P_2 — давление в гектопаскалях на нижнем и верхнем уровнях; α — коэффициент температурного расширения газов 0,00366; t — средняя температура слоя между уровнями в °С.

Величина атмосферного давления определяется весом столба воздуха единичного сечения (1 м^2) высотой от данной поверхности до верхней границы атмосферы. В среднем масса такого столба, высотой от уровня моря до верхней границы атмосферы, равна 10333 кг. Давление, производимое им, уравнивается весом столба ртути высотой 760 мм при температуре 0°С (плотность ртути $13,596 \text{ г/см}^3$).

На метеостанциях определяются следующие характеристики атмосферного давления:

— давление на уровне станции;

- давление, приведенное к уровню моря (для станций, расположенных на высоте до 1000 м);
- высота изобарической поверхности, ближайшей к уровню станции (для станций, расположенных на высоте 1000 м и более);
- значения барометрической тенденции;
- характеристики барометрической тенденции.

В метеорологии давление выражают в гектопаскалях (гПа) с точностью до десятых долей. Но так как атмосферное давление измеряется высотой ртутного столба, уравнивающего это давление, то применяется еще и внесистемная единица — миллиметр ртутного столба (мм.рт.ст.); 1 мм рт. ст. = 1,33 гПа = 1,33 мб; 1 гПа = 0,75 мм.рт.ст.

На синоптических картах изобары проводят через равные интервалы давления, обычно через 5 гПа.

Горизонтальные размеры барических образований составляют от нескольких сотен до нескольких тысяч километров. Их вертикальная протяженность достигает нескольких километров.

Высота изобарической поверхности определяется в геопотенциальных метрах (гп.м).

Измерение атмосферного давления на уровне станции основано на определении силы, действующей со стороны атмосферы на единицу площади вакуумированного элемента.

Атмосферное давление, приведенное к уровню моря, и высота изобарической поверхности вычисляются по измеренным значениям атмосферного давления, температуры и влажности воздуха.

Значение барометрической тенденции определяется как разность атмосферного давления на уровне станции в срок наблюдения и предыдущей срок (3 ч назад).

Характеристика барометрической тенденции определяется по виду кривой записи хода изменения атмосферного давления во времени на уровне станции.

При производстве измерений должны применяться следующие средства измерения:

- барометр станционный чашечный ртутный СР-А (для диапазона измерений 810—1070 гПа) и СР-Б (для диапазона 680—1070 гПа) (рис. 33);
- барометр-анероид (рис. 34);
- барограф метеорологический М-22АН (рис. 35, рис. 35а).

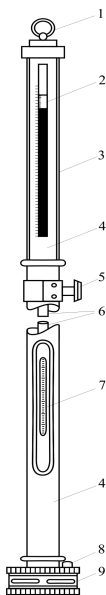


Рис. 33. Барометр чашечный стационарный

- 1 — кольцо,
- 2 — нониус,
- 3 — защитное стекло,
- 4 — оправа,
- 5 — кремальера,
- 6 — барометрическая трубка,
- 7 — термометр,
- 8 — винт,
- 9 — чашка

При производстве измерений по стационарному барометру должны соблюдаться следующие условия:

- барометр должен быть установлен в служебном помещении метеорологической станции в барометрическом шкафчике, укрепленном на капитальной стене;

- барометр должен висеть свободно, не касаясь чашкой стенок шкафчика;

- температура воздуха в помещении станции должна поддерживаться близкой к нормальной (от 15 до 20°C); недопустима температура ниже -5°C и выше 45°C;

- для освещения трубки и шкалы барометра следует пользоваться электрической лампочкой мощностью не более 25 Вт, которая устанавливается за барометрическим шкафчиком. Запрещается пользоваться спичками и свечами;

- под чашкой барометра следует установить керамический или стеклянный сосуд для сбора ртути, которая может вытекать из барометра в случае его неисправности.

Измерение по барометру производится после выполнения подготовительных работ в следующем порядке:

1. Снимают отсчет температуры прибора с точностью до 0,1°C.

2. Слегка постукивают по оправе прибора для преодоления сил трения столба ртути со стенками трубки и для придания мениску ртути правильной (выпуклой) формы.

3. С помощью винта кремальеры подводят нижний срез нониуса до касания с верхней точкой мениска ртути и отсчитывают показания барометра с точностью до 0,1 деления шкалы. После отсчета нониус до следующего измерения не смещают (для контроля).

Поправки ртутного барометра.

1. Инструментальная поправка. Вводится из-за неточностей в изготовлении прибора. Берется из поверочного свидетельства барометра.

2. Температурная поправка. Введение ее обусловлено зависимостью плотности ртути от температуры. Показания ртутного барометра приводятся к температуре 0°C . Поскольку при одном и том же давлении при положительных температурах отсчеты по барометру будут больше, чем при температуре 0°C , эта поправка вводится со знаком минус.

3. Поправки силы тяжести. Показания барометра приводят к силе тяжести на уровне моря и на широте 45°C . Поправка на широту места наблюдения: так как сила тяжести увеличивается в направлении от экватора к полюсам, а отсчет по барометру при одном и том же атмосферном давлении с ее увеличением уменьшается, то при широтах менее 45°C поправка имеет знак минус, при более высоких широтах — знак плюс.

При определении давления по барометру с миллиметровой шкалой расчет значения давления производится в миллиметрах ртутного столба. Значение в миллиметрах переводится в гектопаскали после введения всех поправок.

Пример.

Температура барометра	$18,6^{\circ}\text{C}$
Температура барометра после округления	$18,5^{\circ}\text{C}$
Отсчет по барометру	$770,2\text{ мм}$
Отсчет по барометру после округления	770 мм
Поправка на приведение показаний барометра к температуре 0°C	$-2,3\text{ мм}$
Постоянная поправка к барометру	$+0,7\text{ мм}$
Атмосферное давление на уровне станции	$770,2+0,7-2,3=768,6\text{ мм} =$ $=1024,7\text{ гПа}$

С увеличением высоты над уровнем моря сила тяжести уменьшается, поэтому поправка всегда имеет знак минус.

Для вычисления атмосферного давления на уровне моря к атмосферному давлению на уровне станции прибавляется поправка, которая находится по таблицам, рассчитанным для каждой станции. Результат записывается в книжку КМ-1.

Измерения атмосферного давления с помощью приборов.

Барометр чашечный стационарный (СР-А и СР-Б) (рис. 33) состоит из следующих частей:

- барометрической стеклянной трубки 6, запаянной с верхнего конца и заполненной под вакуумом очищенной ртутью;

- чашки 9, состоящей из трех свинчивающихся частей. Средняя часть чашки имеет диафрагму с отверстиями, которая предохраняет трубку от попадания в нее воздуха. Для сообщения барометра с наружным воздухом в крышке чашки имеется отверстие, закрываемое винтом 8;

- металлической оправы 4, на которой нанесена шкала от 810 до 1070 мб (СР-А) или от 680 до 1070 мб (СР-Б).

В прорези оправы имеется подвижной индекс с нониусом 2, который перемещается с помощью кремальеры 5; на оправе укреплен термометр 7 для определения температуры барометра, а сверху на нее навинчивается колпачок с кольцом 1 для установки (подвешивания) барометра.

Для предохранения барометра от толчков, встряхиваний, от попадания прямой солнечной радиации, защиты от пыли и прочих физических воздействий барометр устанавливается в барометрическом шкафчике.

Барометр-анероид (рис. 34) предназначен для измерения атмосферного давления в стационарных и полевых условиях. Приемником давления в нем является пустотелая гофрированная упругая металлическая коробка или бароблок из нескольких коробок. Для увеличения упругости внутрь коробок часто помещается специальная пружина. Воздух из коробок выкачивается. Толщина коробок изменяется в зависимости от величины давления (уменьшается при повышении давления и наоборот). Рабочее положение горизонтальное.

Барометр-анероид представляет собой компактный, легкий, удобный в работе прибор. Недостатками его, по сравнению с

ртутным барометром, являются меньшая точность измерений, необходимость частых поверок (примерно раз в полгода).



Рис. 34. Барометр-анероид контрольный М-67



Рис. 35. Барограф метеорологический М-22А (общий вид)

При измерениях барометр-анероид устанавливают на горизонтальную поверхность. Сначала производят отсчет температуры прибора с точностью $0,1^{\circ}\text{C}$, затем слегка постукивают по стеклу, чтобы преодолеть трение в передаточном механизме, и снимают отсчет давления с точностью до $0,1$ деления шкалы.

Барограф (рис. 35) метеорологический предназначен для непрерывной регистрации во времени изменений атмосферного давления в наземных условиях.

Принцип работы барографа основан на свойстве aneroidных коробок реагировать на изменение атмосферного давления изменением своих геометрических размеров по высоте за счет деформации мембран [25, 32].

Барограф состоит из следующих основных узлов: приемника давления, представляющего собой комплект aneroidных коробок, температурного компенсатора, передаточного механизма, содержащего систему рычагов с осями и тягами, регистрирующей части, включающей стрелку с пером и барабан с часовым механизмом, и корпуса.

Суммарная деформация мембран комплекта aneroidных коробок, вызываемая изменением атмосферного давления, преобразуется при помощи передаточного механизма в перемещение стрелки с пером по диаграммному бланку, закрепленному на барабане с часовым механизмом.

Изготавливаются барографы двух типов:

— барограф М-22АС — суточный с продолжительностью одного оборота часового механизма 26 ч. (применяемые диаграммные бланки ЛМ-2М Р№1051);

— барограф М-22АН — недельный с продолжительностью одного оборота часового механизма 176 ч. (применяемые диаграммные бланки ЛМ-1М Р№1047).

Барограф метеорологический М-22АН (рис. 35а) состоит из блока мембранных anerоидных коробок, передаточного механизма, регистрирующей части (стрелка с пером и барабан с часовым механизмом), температурного компенсатора, корпуса.

Блок anerоидных коробок состоит из пяти коробок 11, которые скреплены между собой винтовыми соединениями в вертикальный столбик, а воздух из них выкачан. Нижнее основание этого столбика неподвижно укреплено на пластинке температурного компенсатора, смонтированного на нижней стороне платы 12 прибора.

Верхняя коробка чувствительного элемента с помощью передаточного механизма соединена со стрелкой 1, на конце которой надето перо.

При увеличении атмосферного давления гофрированные коробки сжимаются, вследствие чего весь столбик коробок укорачивается, что вызывает перемещение свободного верхнего конца столбика и вместе с ним стрелки с пером вверх. При уменьшении атмосферного давления гофрированные коробки расширяются и весь столбик коробок удлиняется, что вызывает перемещение стрелки с пером вниз.

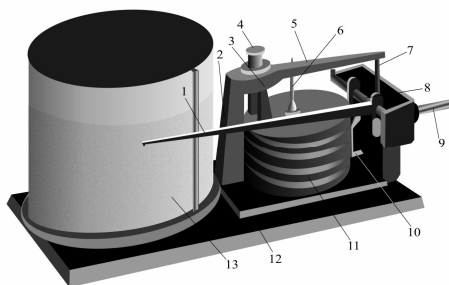


Рис. 35а. Барограф метеорологический М-22АН

- 1 — стрелка пера,
- 2 и 3 кронштейны,
- 4 — установочный винт,
- 5 — рычаг, 6 — упор,
- 7 — тяга, 8 — ось пера,
- 9 — кнопка отметчика времени,
- 10 — отвод стрелки,
- 11 — бароблок, 12 — плата,
- 13 — барабан

Перо производит запись на диаграммном бланке ЛМ-1М, надетом на барабан 13. Барабан поворачивается вокруг вертикальной оси с помощью часового механизма и обеспечивает равномерное перемещение диаграммного бланка. Продолжительность одного полного оборота барабана составляет 176 ч.

Установка пера стрелки на требуемое деление диаграммного бланка (перевод пера вверх или вниз) осуществляется поворотом установочного винта 4. Стрелка с пером отводится от барабана при помощи отвода стрелки 10. Его поворачивают до упора в направлении движения против часовой стрелки.

Барограф помещен в пластмассовый корпус с откидной крышкой. Крышка корпуса открывается за рукоятку при одновременном нажиге на кнопку замка.

Отметкн времени производятся нажатием кнопки 9, находящейся на стенке корпуса.

Диаграммный бланк разделен по вертикали горизонтальными параллельными линиями с ценой деления 2 гПа, а по горизонтали — вертикальными дугообразными линиями с ценой деления, соответствующей 2 ч.

Цифры в верхней части бланка соответствуют часам суток.

Практические задания

1. Изучите устройство приборов, способы их установки и методику измерения атмосферного давления ртутным барометром и барометром-анероидом.
2. Измерьте атмосферное давление барометром-анероидом и ртутным барометром. Рассчитайте исправленное значение атмосферного давления.

Контрольные вопросы

1. Что такое атмосферное давление? Для чего давление приводится к уровню моря?
2. *Как и почему изменяется с высотой атмосферное давление?
3. Чем может быть вызвано изменение давления в данном месте?

Практическая работа № 16

Изобарические поверхности. Циклоны и антициклоны

Цель работы: изучение изобарических поверхностей.

Пространственное распределение атмосферного давления называется *барическим полем*. Барическое поле можно наглядно представить с помощью поверхностей, во всех точках которых давление одинаково. Такие поверхности называются изобарическими [17].

Вследствие изменения температуры и давления в горизонтальном направлении изобарические поверхности не параллельны друг другу и земной поверхности, а наклонены к последней под разными углами и по своей форме очень разнообразны. В одних местах изобарические поверхности прогибаются вниз, образуя обширные, но неглубокие «котловины», в других они выгибаются вверх, образуя растянутые «холмы».

Если мысленно пересечь изобарические поверхности поверхностью уровня моря или другой горизонтальной плоскостью, то получатся кривые линии, называемые изобарами. *Изобары* — это линии пересечения изобарических поверхностей с уровенной поверхностью, т.е. линии, соединяющие точки с одинаковым давлением.

В зависимости от характера распределения давления изобары, подобно горизонталям на топографических картах, могут иметь самую разнообразную конфигурацию. Но так как в одной точке не может быть одновременно двух значений давления, то изобары не могут пересекаться.

Области замкнутых изобар с пониженным давлением в центре называются барическими минимумами, депрессиями или *циклонами*. В области барического минимума давление возрастает от центра к периферии (рис. 36).

Циклоны зарождаются в тех районах Земли, где на небольшом расстоянии значительны контрасты температур воздуха и, следовательно, есть условия для интенсивной адвекции тепла и холода. Участие в циклоне двух воздушных масс с разной температурой обуславливает формирование двух секторов — теплого и холодного. В теплом секторе воздушные массы подтекают с юга и юго-запада. Он меньше 180°C . Холодный сектор находится к востоку, северу и западу от центра; он больше 180°C .

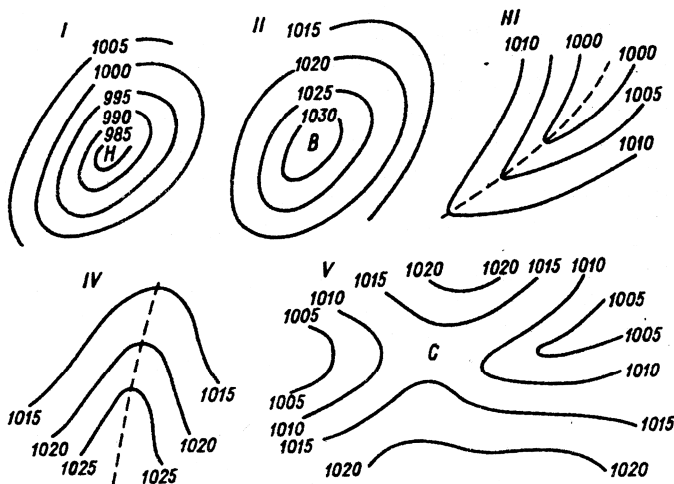


Рис. 36. Изобары на уровне моря в различных типах барических систем:
 I — циклон; II — антициклон; III — ложбина; IV — гребень; V — седловина

Между секторами, как и всегда между воздушными массами, находятся фронты. В восточной части теплого сектора находится теплый фронт. Здесь теплые воздушные массы поднимаются по склону холодного воздуха. В западной части циклона холодный воздух подрезает теплый, здесь находится холодный фронт.

Области замкнутых изобар с повышенным давлением в центре называются барическими максимумами, или *антициклонами*. В области барического максимума давление от центра к периферии убывает. На периферии этих областей или между ними изобары на некотором участке карты могут приближаться к прямым линиям. Кроме циклонов и антициклонов в барическом поле часто наблюдаются промежуточные барические системы: *ложбины*, *гребни*, *седловины*. *Ложбиной* называется связанная с циклоном и вытянутая от его центра к периферии полоса пониженного давления, вклинивающаяся между двумя областями повышенного давления. Изобары в ложбине либо близки к параллельным прямым, либо имеют вид латинской буквы *V*. *Гребнем* называется связанная с антициклоном и вытянутая от его центра полоса повышенного давления, расположенная между двумя областями пониженного давления. *Седловиной* называется барическая область, заключен-

ная между двумя циклонами и двумя антициклонами, расположенными в шахматном порядке. В седловине изобарические поверхности имеют характерную форму седла: они поднимаются в направлении к антициклонам и опускаются в направлении к циклонам. Точка в центре седловины называется *точкой седловины*.

Распределение атмосферного давления в трехмерной тропосфере показывается на *картах барической топографии* [48]. На них наносятся высоты (точнее геопотенциалы) той или иной изобарической поверхности. Синоптические карты барической топографии составляются ежедневно. На карты абсолютной барической топографии наносятся высоты определенной изобарической поверхности в определенное время. Линии равных высот называются *изогипсами*. На картах относительной барической топографии изображается высота одной поверхности над другой.

На расположение изобарических поверхностей в пространстве большое влияние оказывает температура воздуха. При одинаковом давлении у земной поверхности одни и те же барические поверхности в теплом воздухе лежат выше, чем в холодном, а соседние поверхности расположены дальше друг от друга. Объясняется это тем, что в холодном воздухе, как более плотном, давление уменьшается с высотой быстрее, чем в теплом. Таким образом, конфигурация и положение изобарических поверхностей зависят от распределения в пространстве не только давления, но и температуры [17, 31].

Количественно изменение давления в пространстве характеризуется полным *градиентом* давления G , который представляет собой вектор, направленный по нормали к изобарической поверхности в сторону убывания давления, а по величине равный изменению давления на единицу расстояния:

$$G = -\Delta p / \Delta l.$$

Полный градиент давления G можно разложить на вертикальную (G_v) и горизонтальную (G_h) составляющие.

Барический градиент является мерой неравномерности распределения давления и одновременно показателем силы, с которой воздух стремится выровнять давление. Скорость ветра пропорциональна барическому градиенту. Она измеряется в *м/сек*, иногда, например, в авиации, в *км/ч*.

В атмосфере давление в вертикальном направлении изменяется во много раз быстрее, чем в горизонтальном.

Неравномерное нагревание или охлаждение земной поверхности приводит к изменению давления над различными ее участками. Вторжение теплых или холодных воздушных масс на данную территорию также вызывает изменения давления. Если теплые, т.е. более легкие, массы заменяются холодными, т.е. более тяжелыми, то давление растет, в противном случае давление падает.

Прохождение через данную территорию различных барических систем приводит к изменению давления в данном пункте. При прохождении циклона давление сначала падает, а потом растет, а при прохождении антициклона, наоборот, сначала растет, затем падает.

Среднее распределение атмосферного давления на уровне моря в целом имеет зональный характер. Выделяются зоны пониженного давления — экваториальная, умеренных и субполярных широт, и зоны повышенного давления — субтропические и полярные. Однако полная зональность распределения давления нарушается тем, что над материками давление зимой повышается, а летом понижается.

Барические области, наблюдаемые на земном шаре, можно разделить на две группы.

1. *Постоянные барические области*, существующие в течение всего года: экваториальный пояс пониженного давления, субтропические барические максимумы, исландский и алеутский минимумы, субполярный пояс пониженного давления в южном полушарии, а также антарктический и арктический максимумы.

2. *Сезонные барические области*, в которых зимние максимумы сменяются летними минимумами: сибирский (азиатский) и канадский зимние максимумы, азиатский летний минимум.

Эти барические области оказывают большое влияние на воздушные течения, погоду и климат значительной территории. Поэтому их называют центрами действия атмосферы.

Возникновение барических максимумов и минимумов вызвано термическими и динамическими причинами. Над охлажденными районами условия в нижних слоях атмосферы благоприятны для повышения давления, а над нагретыми — для его понижения. Поэтому над термическим экватором образуется пояс пониженного

давления, а над полюсами, где температуры низкие, — области относительно высокого давления. В холодное время года над материками, которые выхолаживаются сильнее, чем океаны, развиваются барические максимумы. В теплое время года материкки прогреваются сильнее океанов и над ними образуются области пониженного давления.

Образование субтропических барических максимумов объясняется постоянным вторжением антициклонов в субтропические широты. Исландский и алеутский минимумы, а также субполярная зона пониженного давления в южном полушарии связаны с циклонической деятельностью в этих широтах, т.е. с образованием и перемещением циклонов.

Динамическая причина циркуляции атмосферы заключается во вращении планеты. Циркуляция воздуха непосредственно между экваториальными и полярными широтами на вращающейся планете невозможна [48]. Двигающийся воздух под действием вращения Земли непременно отклонится вправо в северном полушарии и влево в южном. Так возникает *зональная слагающая* циркуляции атмосферы, направленная с запада на восток. На вращающейся планете основным видом циркуляции является *западно-восточный перенос воздуха*, именуемый сокращенно *западным переносом*. Западный перенос воздушных масс охватывает: а) в умеренных широтах всю тропосферу, б) в полярных — верхнюю ее часть, выше северо-восточных в Арктике и юго-восточных в Антарктике ветров, в) в тропических также верхнюю тропосферу выше пассатов. Западные ветры тропических широт иногда называют антипассатами, но генетически они с пассатами не связаны, а являются частью общепланетарного западного переноса.

Восточный перенос представлен: а) ветрами в нижней тропосфере полярных областей — северо-восточными в Арктике и юго-восточными в Антарктике; они дуют из полярных областей повышенного давления к минимумам умеренных широт; б) пассатами, дующими из субтропических антициклонов в экваториальный минимум. Около экватора восточный перенос захватывает всю тропосферу, и западного переноса здесь нет [48].

Путем осреднения многолетних наблюдений можно на фоне непериодических колебаний давления выявить также и периодические его колебания — суточные и годовые.

Суточный ход давления. В суточном ходе давления обнаруживаются два максимума и два минимума. Максимумы отмечаются около 10 и 22 ч по местному времени, минимумы — около 4 и 16 ч. Суточный ход давления наиболее заметен в тропических широтах, где его амплитуда составляет 3—4 гПа. В умеренных широтах амплитуда равна лишь 0,3—0,6 гПа. Кроме того, во внутритропических широтах суточный ход давления перекрывается непериодическими колебаниями, связанными с прохождением циклонов и антициклонов. На всех широтах суточный ход давления несимметричен: дневной минимум более заметен, чем ночной, а утренний максимум заметнее вечернего. Дневной минимум обусловливается нагреванием воздуха, а утренний максимум — его охлаждением. Происхождение второго максимума и второго минимума объясняется упругими колебаниями атмосферы, возникающими вследствие периодического ее нагревания солнечными лучами и усиливающимися вследствие резонанса.

Годовой ход давления. Годовой ход давления обнаруживается по средним месячным его значениям. Он сильно зависит от физико-географических условий. В средних широтах амплитуда годового хода давления больше, чем в экваториальных. Над континентами этот ход заметнее, чем над океанами, а характер его обратен океаническому. При всем разнообразии годового хода давления в разных условиях все же можно выделить три основных его типа.

1. *Континентальный тип* с максимумом зимой и минимумом летом. Резче всего этот тип выражен в средних широтах над большими материками, особенно над Азией. Наиболее велики годовые колебания давления в центральных областях континентов. На берегах океанов они уменьшаются.

2. *Океанический тип* с максимумом летом и минимумом зимой. Амплитуда достигает 20 гПа. Над океанами средних широт иногда наблюдается двойной годовой ход с максимумами летом и зимой и с минимумами весной и осенью, причем амплитуда его составляет 5—6 гПа. Над тропическими океанами годовой ход давления выражен слабо.

3. *Полярный и субполярный типы* с максимумом в апреле или мае и минимумом в январе или феврале. Амплитуда составляет примерно 5—12 гПа. Такой ход давления объясняется тем, что в апреле—мае температура воздуха над материками и океанами

выравнивается, тогда как над льдами Северного Ледовитого океана она остается сравнительно низкой и здесь преобладает высокое давление. В январе и феврале над большей частью Северного Ледовитого океана чаще всего проходят циклоны, в связи с чем в эти месяцы и наблюдается минимум давления.

Практические задания

1. Пользуясь картой изобар, проанализируйте распределение давления в январе и июле, выявите основные закономерности в распределении давления у земной поверхности (на уровне моря) и его годовой ход на различных широтах.
2. *Перечислите и охарактеризуйте типы годового хода атмосферного давления.

Контрольные вопросы

1. Какую атмосферу называют изотермической и какую политропной?
2. Что называется барической ступенью? От чего она зависит и каковы обычные ее значения?
3. *Что такое изобарическая поверхность? Что такое изобары и как их проводят?

Практическая работа № 17

Ветер и измерение характеристик ветра

Цель работы: определение характеристик ветра и изучение методов и приборов для его измерения.

Приборы и принадлежности: анеморумбометр М-63М-1 и анеморумбометр М-63М-1М; флюгер Вильда.

Краткая теория

При наблюдениях на метеорологических станциях под ветром понимают только горизонтальную составляющую вектора скорости ветра, а при определении средних значений осредняют отдельно скорость и направление (угол относительно географического меридиана, откуда направлен вектор).

Осредненные во времени скорость и направление дают представление об общем движении воздуха в целом. Но вследствие трения воздушной среды о земную поверхность, а также неравномерного ее нагревания всегда наблюдается турбулентность. Это значит, что внутри общего потока отдельные струи, порции воздуха, движутся беспорядочно, т.е. в каждой точке пространства быстро сменяются как скорость, так и направление ветра. При этом происходит непрерывное чередование внезапных усилий и ослаблений ветра и изменений его направления. Такой характер движения воздуха носит название *порывистости* ветра [31]. Причина колебаний (пульсаций или флуктуаций) ветра — *турбулентность*. В развитии турбулентности принимает участие и так называемая архимедова, или гидростатическая сила, т.е. сила плавучести.

Порывистость ветра имеет хорошо выраженный суточный ход. Правильный суточный ход ветра нарушается при прохождении фронтов, циклонов и антициклонов.

Годовой ход средней скорости ветра относится к климатическим характеристикам и зависит от географического положения пункта.

Скорость ветра выражается в метрах в секунду (м/с), а в некоторых случаях, при обслуживании авиации, в километрах в час (км/ч). Для визуальной оценки скорости ветра в морской практике

пользуются баллами по шкале, введенной в 1806 г. адмиралом Бофортом [17].

Различают сглаженную скорость ветра, т.е. некоторую среднюю величину скорости за некоторый обычно небольшой промежуток времени, в течение которого производятся наблюдения, и мгновенную скорость ветра, т.е. скорость ветра в данный момент (измеряемую очень малоинерционным прибором). Мгновенная скорость ветра отмечает порывы и внезапные ослабления ветра. Она очень сильно колеблется около сглаженной скорости, временами может быть значительно меньше или больше ее. На метеорологических станциях обычно измеряют сглаженную скорость ветра.

Средние скорости ветра у земной поверхности близки к 5—10 м/с и редко превышают 12—15 м/с. В верхней тропосфере в так называемых струйных течениях средняя скорость ветра на больших пространствах может достигать до 70—100 м/с [46].

Измерение скорости ветра на станциях основано на применении вращающегося анемометра с автоматическим определением средней и максимальной скорости ветра; измерение направления ветра определяется по положению флюгарки, устанавливающейся в потоке под действием самого потока воздуха. На отдельных станциях допускается для измерения скорости ветра применять флюгер с плоской пластиной — доской, отклоняющейся под влиянием потока на угол, пропорциональный скорости потока (пластина ориентируется в потоке с помощью флюгарки).

При производстве измерений характеристик ветра используется анеморумбометр М-63М-1 (рис. 33, рис. 33а) (или его модификации), который обеспечивает автоматическое измерение средней скорости ветра за 10 мин с заблаговременностью включения не менее 10 мин до начала измерений.

Прибор должен обеспечивать измерение средней скорости ветра (с осреднением за 10-минутный интервал) в диапазоне 1—40 м/с с погрешностью $\pm(0,5+0,03 V)$ м/с, максимальной скорости (до 60 м/с) с погрешностью $\pm(1,0+0,05 V)$ и направления с погрешностью до 10° .

При отсутствии на станции сетевого питания измерение скорости и направления ветра производится по комплекту флюгеров: флюгер с легкой доской применяется для измерения скорости

ветра от 0 до 10 м/с, флюгер с тяжелой доской — от 10 до 40 м/с (рис. 37). Флюгер может применяться на станции также в качестве запасного прибора и по нему могут производиться измерения при выходе из строя анеморумбометра М-63М-1. Какой из флюгеров (с легкой или тяжелой доской) устанавливается на станции в качестве запасного, определяет ГМЦ в зависимости от ветрового режима на станции.

Измерения характеристик ветра должны выполняться по исправным приборам.

Датчик анеморумбометра и флюгер должны быть установлены на метеорологической площадке на высоте 10—12 м от поверхности земли. В исключительных случаях на защищенных площадках, где ветровой поток сильно искажается препятствиями, высоту установки можно увеличить до 20 м или вынести установку за пределы метеорологической площадки. Установка ветроизмерительного прибора на высоте более 12 м или вне площадки должна быть согласована с УГКС.

Ветроизмерительные приборы должны быть правильно установлены, ориентированы по географическому меридиану, проверены и находиться в постоянной готовности к производству измерений.

Для обеспечения достоверности результатов измерений скорости и направления ветра анеморумбометром М-63М-1 на станции должны выполняться следующие работы по содержанию прибора в постоянной готовности к измерениям:

- ежемесячно (1-го числа каждого месяца) определять начальный момент анеморумбометра по скорости и направлению; проверять аккумуляторы блока питания;

- каждые 10 дней производить контроль (и при необходимости регулировку) каналов измерения скорости и направления ветра; проверять ориентировку и вертикальность установки датчика на мачте;

- при эксплуатации анеморумбометра в особо тяжелых условиях (сильная запыленность воздуха, гололед, метель, сильные ветры и др.) контролировать правильность установки анеморумбометра следует чаще — один раз в два-три дня. Очистка датчика от гололеда, изморози и инея производится жесткой кистью; при необходимости датчик снимается и отогревается в помещении;

— перед каждым сроком наблюдений при осмотре метеорологической площадки производить внешний осмотр датчика, измерительного пульта и установки в целом с оценкой исправности прибора и установки и пригодности к производству измерений.

Правильность показаний флюгера обеспечивается только при условии точной установки прибора и полной его исправности. Поэтому необходимо 1-го числа каждого месяца, а также каждый раз после ветра скоростью более 20 м/с, гололеда, пыльной бури и т.д. осматривать флюгер и проверять, не погнуты ли доска или флюгарка, нет ли увеличенного трения при повороте подвижной части или при отклонении доски флюгера, проверить прочность установки мачты, силу натяжения оттяжек, вертикальность установки и ориентировку флюгера.

При производстве измерений прибором М-63М-1 следует иметь в виду, что прибор измеряет среднюю скорость только за тот 10-минутный интервал, который ему каждый раз нужно задать, установив на соответствующее деление ручку «Средняя скорость». Этот интервал должен быть указан в «Порядке производства наблюдений» конкретной станции. Перед выходом на площадку следует:

- включить пульт нажатием кнопки «Скорость»;
- ручку «Средняя скорость» установить так, чтобы средняя скорость была зафиксирована за 10-минутный интервал, который начинается в 45 мин и заканчивается в 55 мин часа, предшествующего сроку;
- непосредственно перед выходом на площадку отсчитать значение максимальной скорости ветра по верхней шкале (0—60 м/с) и записать его как максимальную скорость между сроками;
- после снятия отсчета значения максимальной скорости поворотом ручки «Сброс $V_{\text{макс}}$ » против часовой стрелки совместить стрелки максимальной и мгновенной скоростей.

По возвращении с площадки:

- для измерения направления включить указатель направления и в течение 2 мин следить за колебаниями стрелки указателя направления, определяя ее среднее положение с точностью до 5° по шкале, соответствующей цвету индикаторной лампочки. Если в процессе измерения направления произойдет переключение шкал указателя, то наблюдения за промежуток времени меньше

1 мин (до или после переключения) отбрасывают, определяя среднее положение стрелки за большую часть 2-минутного интервала;

— отсчитывают значения средней скорости ветра за 10 мин и максимальной скорости (скорость ветра при порывах) за срок наблюдений, т.е. за период времени от снятия значений максимальной скорости перед выходом на площадку до отсчета средней скорости.

При производстве измерений прибором М-63М-1 кнопка «*УМГН*» должна быть включена постоянно, на световом табло высвечивается постоянно мгновенная скорость ветра.

Анеморумбометр М-63М-1 состоит из блока датчиков скорости и направления ветра, измерительного пульта и блока питания (рис. 37, рис. 38).



Рис. 37. Анеморумбометр М63М-1 (с выходом на ПК) (общий вид)

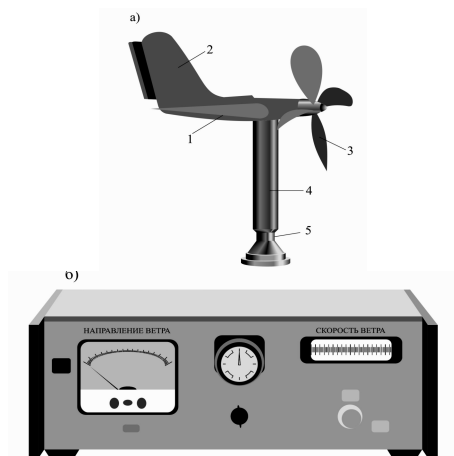


Рис. 38. Анеморумбометр М-63М-1
а — датчик скорости и направления ветра,
б — измерительный пульт;
1 — горизонтальный корпус, *2* — флюгарка (хвостовое оперение), *3* — воздушный винт, *4* — наружная труба, *5* — вертикальная стойка

Прикладная программа «МЕТЕОЦЕНТР» позволяет хранить результаты измерений в базе данных, представлять результаты измерений в виде таблиц, графиков, в том числе розы ветров, осреднять данные за периоды от 2 до 10 минут, создавать электронные метеоотчеты за любой промежуток времени (час, сутки, ме-

сяц, год), а также выводить данные на печать. Программа позволяет одновременно обрабатывать данные от одного до восьми анеморумбометров М63М-1.

Измерительные преобразователи скорости и направления ветра (рис. 38а) сконструированы в виде одного блока датчиков, состоящего из горизонтального обтекаемого корпуса 1, задняя часть которого кончается хвостовым оперением — флюгаркой 2. Корпус преобразователя вместе с наружной трубой 4 свободно вращается вокруг вертикальной стойки 5.

В передней части горизонтального корпуса находится воздушный винт 3. Винт устанавливается по направлению воздушного потока при помощи флюгарки так, чтобы плоскость вращения винта была всегда перпендикулярна направлению потока.

Измерительный пульт (рис. 38б) представляет собой настольный прибор, на лицевой панели которого размещены: шкала максимальной и мгновенной скоростей; указатель средней скорости ветра; указатель направления ветра; кнопки «Скорость» для включения прибора и измерения мгновенной скорости; шкала для переключения указателя мгновенной скорости ветра; ручки «Средняя скорость» для включения и установки времени работы часового механизма и интервала осреднения для средней скорости ветра, «Сброс $V_{\max}$ » для освобождения стрелки максимальной скорости ветра (сброса зафиксированного максимума); два индикатора, указывающие шкалу отсчета в указателе направления ветра; кнопка «Направление» для измерения направления ветра.

На задней панели пульта имеется устройство для контроля точности измерительных каналов. На верхнюю часть выведены оси потенциометров для регулировки измерительного канала мгновенной скорости и направления ветра.

Мгновенная скорость определяется непосредственным измерением частоты следования импульсов. Частота указывается стрелочным электроизмерительным прибором, шкала которого проградуирована в метрах в секунду мгновенной скорости ветра. В приборе имеется вторая стрелка, которая фиксирует максимальное отклонение стрелки мгновенной скорости. Сброс максимального значения осуществляется поворотом рукоятки влево. Кнопка служит для переключения предела измерения мгновенной скорости с 0—60 на 0—30 м/с.

Для определения средней скорости ветра за 10 мин в панель измерительного пульта прибора вмонтирован цифровой счетчик импульсов. Счетчик имеет кнопку для сброса показаний.

Направление отсчитывается по шкалам измерительного прибора. Первая шкала соответствует значениям направления 0—90—180—270—360°, а вторая — 180—270—360—90—180° (сдвинута относительно первой на 180°). Переключение шкал осуществляется автоматически; одновременно с переключением шкал загорается индикаторная лампа соответствующего цвета.

Анеморумбометр М-63М-1М отличается от анеморумбометра М-63М-1 только измерительным пультом.

При неисправности анеморумбометра М-63М-1 или отдельных его блоков, а также при отсутствии электроэнергии на станции определение характеристик ветра следует производить по флюгеру.

В книжку КМ-1 и «Журнал истории станции» следует при этом записать дату и время перехода к наблюдениям по флюгеру, указать причину перехода.

Флюгер (флюгер Вильда) ТУ 25-04-1561-71 (рис. 39) состоит из неподвижного вертикального стержня с укрепленными на нем штифтами — указателями направления ветра — и надетой на него подвижной части в виде трубки, на которой смонтированы флюгарка и указатель скорости ветра [25, 32].

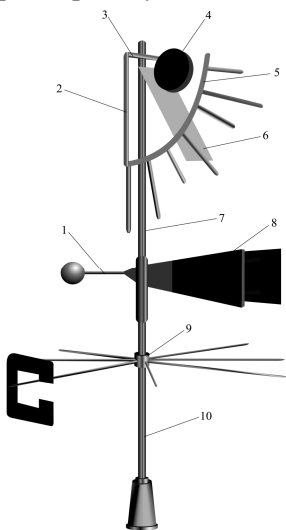


Рис. 39. Флюгер Вильда

- 1 — противовес-указатель,
- 2 — рамка,
- 3 — горизонтальная ось рамки,
- 4 — противовес,
- 5 — сектор,
- 6 — доска-приемник скорости ветра,
- 7 — трубка,
- 8 — лопасти,
- 9 — втулка,
- 10 — неподвижный стержень

Флюгарка состоит из двух лопастей 8, расположенных под углом друг к другу, и противовеса-указателя 1, укрепленных на трубке 7. На нижнюю утолщенную часть неподвижного стержня 10 флюгера надета втулка 9 с восемью ввинченными в нее металлическими штифтами, предназначенными для определения положения противовеса флюгарки относительно сторон горизонта. К штифту, обращенному на север, прикреплена металлическая буква С (или N).

Указатель скорости ветра укреплен на верхней части трубки 7. Он состоит из металлической пластины-доски 6 и рамки 2 с сектором 5, на котором находятся восемь штифтов для определения скорости ветра. Доска может свободно колебаться около горизонтальной оси рамки 3.

Противовес 4 служит для уравнивания сектора 5. Рамка с доской укреплена на трубке так, что доска и сектор со штифтами находится на той же стороне трубки, где и лопасти флюгарки, а плоскость вертикально висящей доски перпендикулярна противовесу-указателю 1. Благодаря флюгарке ось колебаний доски всегда устанавливается перпендикулярно направлению ветра. Под воздействием ветра доска отклоняется от отвесного положения тем больше, чем больше скорость ветра.

Скорость ветра отсчитывается по положению ребра доски относительно штифтов сектора.

Доска флюгера имеет длину 300 мм, ширину 150 мм. По массе различают доски двух типов: легкую (200 г) и тяжелую (800 г); в массу доски не входит масса оси, на которой доска укреплена.

Флюгеры с легкой и тяжелой досками устанавливаются на отдельных металлических или деревянных мачтах на одинаковой высоте.

При наблюдении по флюгеру определяют:

- среднее направление ветра;
- среднюю скорость ветра;
- максимальную скорость ветра (порыв) в срок наблюдения.

Чтобы определить направление ветра, наблюдатель подходит к мачте, становится под указателем направления и, наблюдая за его колебаниями в течение 2 мин, глазомерно определяет румб, являющийся средним положением для этих колебаний. Отсчет на-

правления производится по 16 румбам (по 8 штифтам и 8 промежуткам между ними).

Если во время наблюдений (за 2 мин) направление изменялось несколько раз более чем на один румб и среднее направление установить нельзя, то оно считается переменным.

Для измерения скорости и направления ветра на метеорологических площадках еще существует **флюгер ФВЛ-М** с легкой доской или **флюгер ФВТ-М** с тяжелой доской (рис. 40).

Принцип действия флюгеров основан на использовании силы давления воздушного потока на поверхность доски, расположенной перпендикулярно или под некоторым углом к ветровому потоку. Положение доски, отклоненной на некоторый угол под воздействием силы давления ветра, определяется по штифтам дуги, укрепленной рядом с доской. Направление ветра определяется по положению флюгарки относительно штифтов, укрепленных на вертикальном стержне под флюгаркой и ориентированных по сторонам горизонта. Флюгер ФВЛ-М применяется в местностях, где скорость ветра не превышает 20 м/с. При более сильных ветрах применяются одновременно оба флюгера.

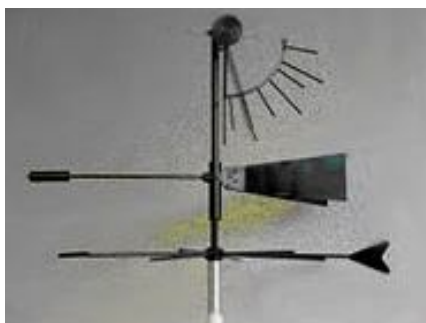


Рис. 40. Флюгер ФВЛ-М и ФВТ-М

В табл. 7 перечислены названия румбов и соответствующее им значение направления в градусах.

Таблица 7

**Названия и обозначения румбов, их значения в градусах
и соответствующие им цифры кода КН -01**

Название	Обозначение		Градусы		Цифры кода
	русское	международное	от	до	
Штиль	—	—	—	—	00
Северо-северо-восток	ССВ	NNE	12	33	02
Северо-восток	СВ	NE	34	56	05
Востоко-северо-восток	ВСВ	BNE	57	78	07
Восток	В	E	79	101	09
Востоко-юго-восток	ВЮВ	BSE	102	123	11
Юго-восток	ЮВ	SE	124	146	14
Юго-юго-восток	ЮЮВ	SSE	147	168	16
Юг	Ю	S	169	191	18
Юго-юго-запад	ЮЮЗ	SSW	192	213	20
Юго-запад	ЮЗ	SW	214	236	23
Западо-юго-запад	ЗЮЗ	WSW	237	258	25
Запад	З	W	259	281	27
Западо-северо-запад	ЗСЗ	WNW	282	303	29
Северо-запад	СЗ	NW	304	326	32
Северо-северо-запад	ССЗ	NNW	327	348	34
Север	С	N	349	11	36
Переменное	—	—	—	—	99

Измеренные по М-63М-1 значения характеристик ветра записываются в книжку КМ-1: в строку «Направление—скорость» — направление ветра в градусах и значение средней скорости за 10 мин, в строку «Макс, порыв» — максимальная скорость (скорость ветра при порывах) и через косую черту — максимальная скорость между сроками.

Пример. Максимальная скорость ветра между сроками 11 м/с, направление ветра 260°, максимальная скорость в срок наблюдения (максимальный порыв) 7 м/с, средняя скорость за 10 мин 4 м/с. Запись в книжке КМ-1 будет выглядеть следующим образом:

Направление	Скорость	260	4
Макс. порыв		7/11	

В случае производства наблюдений по флюгеру в книжке КМ-1 записывается направление ветра (русскими буквами) и средняя скорость, тип флюгера, по которому велись наблюдения (л — с легкой доской, т — с тяжелой доской), номер штифта и скорость ветра в метрах в секунду. В строке «Макс. порыв» отмечается максимальное положение (номер штифта и скорость в метрах в секунду), которое занимала доска флюгера во время наблюдений.

Пример. Наблюдения производились по флюгеру с легкой доской. Колебания доски происходили между первым и вторым штифтами. Наибольшие отклонения доски до третьего штифта. Направление ветра юго-западное. Запись в книжке будет иметь вид:

Направление	Скорость	ЮЗ	Л 1-2/3
Макс. порыв		3/6	

При визуальной оценке скорости и направления ветра наблюдения записываются в книжку КМ-1 в строку «Ветер». Направление ветра, как и в случае наблюдений по флюгеру, записывается принятыми буквенными обозначениями. Данные о скорости ветра записываются в баллах согласно шкале Бофорта для визуальной оценки силы ветра (эквивалентной скорости на высоте 10 м), с прибавлением буквы «б» (бесприборное); рядом с баллом в скобках проставляется соответствующая отмеченному баллу средняя скорость ветра в метрах в секунду. Например: СВ, 4б (7).



Рис. 41. Анемометр сигнальный АС-1



Рис. 42. Анемометр сигнальный цифровой М-95-ЦМ

Для измерений мгновенной скорости ветра, автоматического определения опасных по совместному воздействию скорости и

продолжительности порывов ветра и включения при этом соответствующих сигнальных и противоаварийных устройств существуют *Анемометр сигнальный АС-1* и *Анемометр сигнальный цифровой М-95-ЦМ* (рис. 41, 42).

Анемометры такого типа устанавливаются на башенных и порталных кранах, аэродромах и других местах, где необходимы измерение скорости ветра и устройства аварийной ветровой защиты.

Анемометр состоит из выносного датчика ветра крыльчатого типа, пульта цифровой обработки и отображения результатов измерений и соединительного кабеля ветровой защиты.

Практические задания

1. Объясните причины возникновения экваториальных муссонов. Как осуществляется межширотный перенос воздушных масс?
2. Как используется энергия ветра? Определите скорость и направление ветра за данное время. (Практическое задание рекомендуется выполнять на природе).

Контрольные вопросы

1. Что такое ветер? Как определяются скорость и направление ветра? Что называется порывистостью ветра? От каких факторов она зависит?
2. *Чем обусловлен годовой ход скорости ветра?
3. Какие направления ветра преобладают в приземном слое атмосферы?

Глава 5

КЛИМАТООБРАЗОВАНИЕ

Практическая работа № 18

Погода и климат

Цель работы: изучение основ и некоторых разделов климатологии, особенностей погоды.

Все атмосферные процессы и их производные — метеорологические элементы — в совокупности образуют погоду и климат.

Погодой называется ход атмосферных процессов в данной местности в данное время или за какой-то промежуток времени: сутки, неделю, месяц. Она характеризуется совокупностью значений метеорологических элементов и явлений, к которым относятся: атмосферное давление, температура воздуха и почвы, влажность воздуха и почвы, ветер, облачность, видимость, количество и вид осадков, туманы, метели, грозы и другие явления.

Погода редко и ненадолго остается устойчивой, обычно она изменяется, поэтому и метеозлементы измеряются очень часто — восемь раз в сутки или непрерывно. Сходные виды погоды можно объединить в несколько типов: ясная или малооблачная погода без осадков; облачная с прояснениями; погода с кратковременными ливневыми осадками; пасмурная погода с низкой облачностью; ненастная погода с обложными осадками [16].

Наименее устойчивой является погода в средних и высоких широтах, она зависит от размещения и состояния циклонов и антициклонов, сменяющих друг друга.

Совокупность и последовательная смена погод за длительное время образует *климат* местности. Он, в отличие от погоды, рассматривается за длительное время; обычно берется ряд в 35 и в 100 лет.

Слово «клима» имеет греческое происхождение и буквально означает наклон солнечных лучей к земной поверхности. Древние греки не имели метеоприборов, и климатическую разницу между широтами измеряли только углом падения солнечных лучей «клима» и продолжительностью дня в часах [48]. С тех пор понятие

«климат» значительно расширилось. Он стал характеризоваться многими инструментально определенными величинами. Развитие народного хозяйства обусловило рост науки о климате — климатологии.

В XIX и начале XX вв. понятие «климат» определялось как «среднее многолетнее состояние атмосферы в данной местности». Сейчас от этого определения отказались, так как в атмосфере непрерывно происходят различные движения, погодные и климатические процессы [48]. Влияние климата на природу и на хозяйственную деятельность людей складывается не из средних многолетних величин, а из погодных условий.

В современной климатологии климат определяется как многолетний режим погоды, характерный для данной местности.

Наряду со средними величинами, климат характеризуется и крайними значениями метеозлементов, которые могут оказаться лимитирующими.

Глобальный климат определяется состоянием климатической системы, которая представляет совокупность атмосферы, океана, криосферы, поверхности суши и биомассы. Компоненты климатической системы, т.е. атмосфера, океан, запасы снега и льда (криосфера), поверхность суши и биомасса, непрерывно взаимодействуют и обмениваются между собой энергией и веществом [46]. Временные масштабы этих взаимодействий различны и лежат в пределах от месяцев до сотен миллионов лет.

Так, поверхностные слои суши взаимодействуют с расположенной над ними атмосферой в масштабах времени от нескольких недель до месяцев, а изменения циркуляции атмосферы, создаваемые дрейфом континентов, происходят на протяжении десятков и сотен миллионов лет.

Науку, изучающую факторы климатообразования, формирование климата и климатического режима различных стран, классификацию климатов Земли, антропогенные влияния на климат и прогнозы климата на будущее, называют *климатологией* [21].

Основателями климатологии в Европе были Гумбольдт и Дове (XVIII в.), в России — А.И.Воейков, который в своей книге «Климаты земного шара, в особенности России» (1884 г.) дал первое и глубокое описание климатов земного шара, исследовал взаимодействие климатов с географическими особенностями поверхно-

сти земли и растительностью, а также влияние климата на сельскохозяйственное хозяйство.

Практические задания

1. Используя литературные источники и интернет-ресурсы, подготовьте реферат-презентацию по изучаемой теме.
2. Составьте краткую письменную характеристику климатических зон и типов по Б.П.Алисову.

Контрольные вопросы

1. *Чем климат отличается от погоды?
2. *Какие факторы оказывают влияние на климат местности?
3. Что называют климатом в глобальном понимании, а что такое климат данной территории?

Практическая работа № 19

Климатообразующие процессы, микроклимат

Цель работы: изучение климатообразующих факторов и микроклимата данной местности.

Компоненты климатической системы и различные процессы, которые влияют на формирование климата и его изменение, разделяются на внешние и внутренние.

К внешним процессам можно отнести: приток солнечной радиации и его возможные изменения; изменения состава атмосферы, вызванные вулканическими и орогенными процессами в литосфере и притоком аэрозолей и газов из космоса; изменения очертаний океанических бассейнов, солёности, характеристик суши, орографии, растительности и др.

К внутренним процессам относятся: взаимодействия атмосферы с океаном, с поверхностью суши и льдом (теплообмен, испарение, осадки, напряжение ветра), взаимодействие лед—океан, изменение газового и аэрозольного состава атмосферы, облачность, снежный и растительный покров, рельеф и очертания материков [21, 31, 46].

Существуют три основных цикла атмосферных процессов, участвующих в формировании погоды и определяющих климат. Это так называемые климатообразующие процессы — теплооборот, влагооборот и атмосферная циркуляция, формирующие локальный климат в каждой точке Земли.

От этих процессов зависит многолетний режим метеорологических величин: суточный и годовой ход радиации, температуры, осадков и других величин, их изменчивость в каждой точке Земли, среднее распределение по земной поверхности, типичное изменение с высотой и т.д.

Климатообразующие процессы разворачиваются в конкретных географических условиях земного шара. Географическая обстановка влияет на все три процесса. В низких и высоких широтах, над сушей и морем, над равниной и горными областями климатообразующие процессы протекают по-разному, т.е. имеют свою географическую специфику. Поэтому и характеристики климата, и их распределение зависят от тех же географических факторов климата.

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

В зависимости от прихода солнечного тепла поверхность земного шара делят на пять широтных термических поясов: тропический, расположенный между тропиками ($23,5^\circ$ с.ш. и $23,5^\circ$ ю.ш.); два умеренных, простирающихся к северу и югу от тропиков до полярных кругов ($66,5$ с.ш. и $66,5$ ю.ш.); два полярных пояса, лежащие между полярными кругами и полюсами [23]. Суммарная радиация за полярным кругом всего $2300\text{—}2500$ МДж/м² в год, а в тропиках $5800\text{—}5900$ МДж/м² в год.

С атмосферной циркуляцией связан приход на данную местность воздушных масс разного географического происхождения и обладающих разной температурой, влажностью и другими характеристиками.

Подстилающая поверхность перераспределяет тепло, влагооборот изменяет направление воздушных течений. Способность аккумулировать и отдавать тепло, отражать радиацию, испарять влагу между сушей и морем сильно отличаются. Отсюда различия в давлении воздуха, воздушных течениях и ветрах, выпадении осадков. Над поверхностью океанов и на побережьях создается влажный морской климат, а в глубине континентов, в пустынях складывается сухой континентальный климат.

На климат сильное влияние оказывает рельеф местности. Горные хребты являются препятствием на пути движущихся воздушных масс и ветров и влияют на климат прилегающих районов. На наветренных склонах, обращенных к влажным воздушным массам, осадков выпадает больше, климат мягче, чем на противоположных склонах (Кавказ, Гималаи, Памир и др.).

В горах весь комплекс климатических условий изменяется с высотой, создавая *высотную климатическую зональность*. Смена высотных климатических зон напоминает смену климатических зон в широтном направлении. Лиственные леса сменяются хвойными лесами, кустарниками, альпийскими лугами и, наконец, за снеговой линией — зоной постоянного снега и льда.

Высота над уровнем моря, даже незначительная, влияет на формирование климата: снижаются атмосферное давление, температура и влажность воздуха, меняется направление ветра, увеличивается количество осадков (в высокогорных районах до определенного предела).

Снежный и ледяной покровы увеличивают альбедо, снижают температуру, создают температурные инверсии. На таяние тратится большое количество тепла атмосферы. *Морские течения* имеют большое значение для климата прибрежных районов. Гольфстрим, несущий теплые воды из тропиков, создает на омываемых им берегах мягкий климат с очень теплой влажной зимой и повышенным количеством осадков. Наоборот, холодные течения делают климат суровым и холодным.

Растительность, особенно леса, благотворно воздействует на климат, тепло- и влагооборот. Озера и водохранилища смягчают климат прибрежных районов.

В последнее столетие хозяйственная деятельность человека — вырубка и насаждение лесов, лесных полос, создание водохранилищ, распашка степей и лугов, сжигание углеродного топлива и другие действия существенно влияют на климат.

Микроклиматом называются местные особенности в режимных метеорологических величинах, обусловленные неоднородностью строения подстилающей поверхности и существенно меняющиеся уже на небольших расстояниях, но наблюдающиеся в пределах одного типа климата [48].

Микроклиматические исследования проводятся путем организации густой сети наблюдений на небольших расстояниях хотя бы на короткие промежутки времени. Наблюдения над ветром, температурой и влажностью при этом производят на разных уровнях над почвой, начиная от нескольких сантиметров. Поскольку с помощью таких наблюдений определяют вертикальные градиенты метеорологических элементов в приземном слое воздуха, то сами наблюдения называются градиентными [31, 42, 46].

Для микроклиматических наблюдений применяют переносные походные приборы, в особенности психрометр Ассмана и ручной анемометр, а также электрические термометры и переносные актинометрические приборы. Практикуют микроклиматические съемки с одновременными наблюдениями в ряде точек на местности.

Микроклиматические наблюдения невозможно вести длительно, на протяжении многих лет, в одном и том же месте, как обычные метеорологические наблюдения. Задача исследования заключается не в определении многолетнего режима, а в выявлении разностей между условиями в различных пунктах исследуемой местности и в сравнении наблюдений в отдельных точках с показаниями опорной постоянно действующей станции в данном районе.

Практические задания

1. *Опишите особенности микроклимата леса. Сопоставьте микроклимат леса и поля.
2. *Охарактеризуйте основные особенности микроклимата пересеченной местности, леса, большого города.

Контрольные вопросы к теме

1. Из каких компонентов состоит климатическая система?
2. *Какие существуют географические факторы климата?
3. Что понимается под микроклиматом? Какими факторами определяются микроклиматические различия?

Практическая работа № 20

Климаты Земли. Классификация климата. Климатические зоны России

Цель работы: изучение типов, классификации климатов и их распределения по земной поверхности.

Климатообразующие процессы Земли в различной географической обстановке создают самые различные локальные климаты. Анализируя отдельные характеристики климата (средние температуры воздуха, суммы осадков и др.), можно заметить определенные географические закономерности в их распределении: зависимость от широты, континентальности положения рассматриваемой местности, орографии и др.). Для того чтобы ориентироваться в многообразии климатических условий на Земле, нужно выделить определенные типы климата и изучить их распределение по земной поверхности.

Классификации климатов. Климатическое районирование, хотя и основано на пространственном изменении метеорологических условий, проводится с оценкой всего природного комплекса или (редко) одного из элементов. До недавнего времени большинство климатологов в качестве показателя типов климата избирали характер растительного покрова. Сейчас известно, что между климатическими и геоботаническими выделами далеко не всегда имеются совпадения. Например, джунгли Индостана весьма сходны с экваториальными лесами, но климат здесь другой, муссонный.

Первая научная классификация мировых климатов сделана в России в 1872 г. ботаником Гризебахом. В ее основе лежат зоны растительности. А.И.Воейков в 1884 г. районировал климаты (к сожалению, без карты), избрав в качестве индикатора режим рек. В 1900 и 1918 гг. опубликована классификация В.П.Кёппена, а в 1925 г. — Л.С.Берга [48].

В основу классификации В.П.Кёппена, и сейчас широко распространенной, положены абсолютные величины и годовой ход осадков и температуры, их взаимное соотношение и значение для растительного покрова. Эти соотношения в году и по сезонам выражаются эмпирически подобранными числами. Климатические

границы у Кеппена сочетаются с ботанико-географическими, поэтому она получила широкое распространение во многих странах.

В классификации климатов В.Кёппена в редакции Г.Т.Треварта все климаты Земли разделены на шесть классов по температурному режиму и степени увлажнения. Этим классам присвоены латинские буквы *A, C, D, E, F, B*. Пять классов климатов — *A, C, D, E, F* — выделяются в порядке убывания температуры воздуха на уровне моря от экватора до полюсов, а шестой по степени увлажнения — класс сухих климатов *B* [21, 47, 48].

<i>Класс климата</i>	<i>Определение</i>
<i>A. Тропические</i>	Среднемесячные температуры больше 17°C в течение всего года
<i>C. Субтропические</i>	Среднемесячные температуры больше 9°C в течение 8—12 месяцев
<i>D. Умеренные</i>	Среднемесячные температуры больше 9°C в течение 4—7 месяцев
<i>E. Субарктические</i>	Среднемесячные температуры больше 9°C в течение 1—3 месяцев
<i>F. Полярные</i>	Среднемесячные температуры ни в одном месяце не превышают 9°C
<i>B. Сухие</i>	Испарение превышает осадки

В классификации В.Кёппена и Г.Тревата имеется 16 главных климатов:

- Ar* — тропический дождливый климат;
- Am* — тропический муссонный дождливый климат;
- Aw* — тропический летний дождливый климат;
- As* — тропический зимний дождливый климат;
- BS* — климат степи;
- BW* — климат пустыни;
- BM* — морской пустынный климат;
- Cr* — субтропический дождливый климат;
- Cw* — субтропический летний дождливый климат;
- Cs* — субтропический зимний дождливый климат;
- DO* — умеренный морской климат;
- DC* — умеренный континентальный климат;
- EO* — субарктический морской климат;

ЕС — субарктический континентальный климат;

FT — климат тундры;

FI — ледовый климат.

Используя приведенную классификацию, В.Кёппен и Г.Треварт построили карту климатов земного шара.

Система климатов Л.С.Берга основана на принципе ландшафтно-географической зональности. Для определения границ климатических зон Берг использовал некоторые количественные критерии, заимствованные у В.Кёппена, А.А.Каминского и некоторых других авторов, а также наиболее характерные признаки ландшафта, включая растительность и почвы. Берг предложил 12 типов климата:

1) климат вечного мороза — среднемесячная температура всегда отрицательна;

2) климат тундр — продолжительная и холодная зима, короткое и прохладное лето. Средняя температура самого теплого месяца не более 12°C. Климат тундр имеет континентальный и морской подтипы;

3) климат тайги — умеренная холодная зима до -30°C и ниже, средняя температура июля 10—20°C, количество годовых осадков 300—600 мм;

4) климат лиственных лесов умеренной зоны — зима и лето теплее климата тайги, годовая сумма осадков 500—700 мм;

5) муссонный климат в умеренных широтах — холодная малоснежная зима и теплое дождливое лето;

6) климат степей — годовое количество осадков менее 450 мм, выпадают большей частью летом, зима умеренная или холодная, лето — теплое;

7) климат средиземноморский — лето жаркое сухое, зима влажная теплая;

8) климат зоны субтропических лесов — большое количество осадков (более 1000 мм в год), очень жаркое влажное лето, зима теплая;

9) климат внутриматериковых пустынь — годовая сумма осадков менее 250 мм;

10) климат тропических пустынь — осадков еще меньше (50—250 мм), лето жаркое, зима теплая;

11) климат саванн — средняя температура самого теплого месяца 25—30°C, холодного — выше 18°C, количество осадков 200—1000 мм в год. Явно выражен сухой период зимой и весной;

12) климат влажных тропических лесов — осадков больше, чем где-либо на земном шаре (1500 и более), температура самого холодного месяца выше 18°C. Амплитуда колебания температуры незначительна.

Все типы климатов Берг разделяет на два крупных класса:

А. Климаты низин: а) климаты океанов, б) климаты суши;

Б. Климаты возвышенностей: а) климаты нагорий и плато, б) климаты горных систем и отдельных гор.

Отдельно описываются климаты высоких плато.

Б.П.Алисов, начиная с 1936 г., разрабатывает генетическую классификацию климатов, исходя из условий общей циркуляции атмосферы. Семь основных климатических зон — экваториальную, две тропические, две умеренные и две полярные (по одной в каждом полушарии) — он выделяет как зоны, в которых климатообразование круглый год происходит под преобладающим воздействием воздушных масс только одного типа: экваториального, тропического, умеренного (полярного) и арктического (в Южном полушарии антарктического) воздуха.

Между ними Алисов различает шесть переходных зон, по три в каждом полушарии, характеризующихся сезонной сменой преобладающих воздушных масс. Это две *субэкваториальные* зоны, или зоны тропических муссонов, в которых летом преобладает экваториальный, а зимой тропический воздух; две *субтропические* зоны, в которых летом преобладает тропический, а зимой умеренный воздух; зоны *субарктическая* и *субантарктическая*, в которых летом преобладает умеренный, а зимой арктический или антарктический воздух [21, 46].

Границы зон определяются по среднему положению климатологических фронтов.

В каждой из широтных зон различаются четыре основных типа климата: материковый, океанический, климат западных берегов и климат восточных берегов.

По классификации Б.П.Алисова во внутритропических широтах выделяются три климатических пояса: *экваториальный*, *субэкваториальный (зона тропических муссонов)* и *тропический*.

В экваториальном выделяются континентальный и океанический типы климата.

В субэкваториальном и тропическом Б.П.Алисов выделяет по четыре типа климата. В субэкваториальной зоне следующие типы климата тропических муссонов:

- континентальных муссонов;
- океанических муссонов;
- муссонов западных берегов;
- муссонов восточных берегов.

В тропическом:

- континентальный тропический климат;
- океанический тропический климат;
- климат восточной периферии океанических антициклонов;
- климат западной периферии океанических антициклонов.

В субарктическом (субантарктическом) поясе зимой преобладает арктический (антарктический) воздух, летом — воздух умеренных широт и различают два основных типа климата: континентальный и океанический.

На территории России выделяют с 1 по 7 зоны по классификации Л.С.Берга и 4 типа, 10 подтипов по Б.П.Алисову [21].

Климат восточной Арктики. Средние температуры от -40°C зимой до 0°C летом. Сумма осадков 320 мм.

В Азиатской (восточно-сибирской) части Арктики температура в феврале -33°C , в июле 4°C , среднегодовая -15°C . Осадков выпадает 100—200 мм.

Климат тундр (субарктический). В Азии в этом климате располагается полюс холода Оймякон с абсолютным минимумом -71°C . Средняя температура самого теплого месяца не выше 12°C , осадков менее 300 мм. Как ни малы осадки, они не превышают испаряемость, и вследствие вечной мерзлоты происходит заболачивание земель. В тундре выражен муссон: летом преобладают ветры на материк, зимой — с материка. В Салехарде (66° с.ш., 66° в.д.) средняя температура июля 14°C , января -25°C .

Континентальный климат умеренных широт (по Л.С.Бергу климат тайги). Такой климат имеет наибольшая часть России, которая простирается от Карелии на восток до Камчатки с нарастанием континентальности и суровости зимы. В Европейской части России зима умеренно холодная со средней температурой января

–7...–15°C, в Восточной Сибири температура января –25...–48°C (резко континентальный климат). Весна в Сибири наступает позже, чем в европейской части, заморозки в сибирской тайге возможны даже летом, но средняя температура июля 14—18°C. Осень в западных районах продолжительная, в восточных — короткая с быстрым нарастанием холодов. Годовая сумма осадков по зоне 350—600 мм. Эта территория в Сибири характеризуется наличием вечной мерзлоты [21].

Континентальный климат умеренных широт (по Л.С.Бергу климат зоны лиственных лесов). Эта зона простирается от западных границ России до р.Обь у г.Новосибирска. Зима в западных районах этой зоны мягкая с частыми оттепелями, пасмурная, на востоке более суровая со средними температурами января –4...–18°C, лето теплое со средними температурами июля 17—20°C. Амплитуда колебания месячных температур на западе 22°C, в Новосибирске 38°C. Годовая сумма осадков убывает с запада на восток от 700 до 400 мм.

Континентальный климат умеренных широт (по Л.С.Бергу климат степей и полупустынь). К этой зоне относятся: среднее и нижнее течение Дона, Среднее и Нижнее Поволжье, Северный Кавказ, Южный Урал, южные районы Западной и Восточной Сибири. В этой зоне годовая сумма осадков (250—450 мм) меньше годовой суммы испаряемости, часто наблюдаются засухи и засуховей, нередко пыльные бури. Средняя температура июля 20—25°C. Зима малоснежная, в восточных районах — суровая. Особенно большие контрасты температур отмечаются в полупустынных районах Прикаспийской низменности, где в июле средняя температура 25°C, в январе –8°C, сумма осадков — 150 мм в год.

Климат горных районов (Кавказ, Урал, Саяны, Алтай и др.). Это другая разновидность континентального климата умеренных широт [21]. Здесь ярко представлена вертикальная зональность от климатов степей, затем лесостепей, лиственных и хвойных лесов, альпийских лугов до климата ледников и вечных снегов. Температура зависит от высоты и ориентации склонов, направления господствующих ветров и других факторов. В горных районах осадки обильнее, чем у подножий, *их количество убывает* с запада на восток; на наветренных склонах, в замкнутых котловинах — менее 200 мм.

Муссонный климат. Этот климат типичен для Тихого океана. Муссоны умеренных широт являются продолжением тропических и субтропических муссонов и наблюдаются примерно до широты Северного Сахалина. Зимой окраина материка оказывается на периферии Азиатского антициклона, преобладает перенос холодного воздуха из Восточной Сибири, поэтому зима холодная и сухая. Летом приходят циклоны с Тихого океана, лето теплое и влажное. Например, в Хабаровске средняя температура января -22°C , июля 21°C , годовое количество осадков 569 мм, из которых зимой выпадает только 99 мм.

На Камчатке и в северных районах Приморья зима мягче (в январе $-16\ldots-20^{\circ}\text{C}$), летом $8\text{—}16^{\circ}\text{C}$. Осадки составляют 500—600 мм, половина которых выпадает зимой.

Океанический климат умеренных широт. Такой климат присущ Алеутским и Командорским островам, покрытым тундрой. Лето и зима — холодные.

Практические задания

1. На контурной карте мира выделите зоны климатических поясов (по Б.П.Алисову). Охарактеризуйте климатообразующие процессы и географические факторы климата.

2.*Дайте классификацию и общую характеристику климатов Земли (по В.П.Кёппену). Какой главный принцип положен в основу классификации Л.С.Берга?

Контрольные вопросы

1. Какие климатические зоны имеются в нашей стране?
2. Какой климат называется морским и какой континентальным? Как эти типы климата связаны с преобладающими переносами воздушных масс?
3. Почему в умеренных широтах континентальный климат холоднее морского, а в тропических широтах континентальный климат теплее морского?

Практическая работа № 21

Изменения климата

Цель работы: изучение возможных причины изменений климата.

Достоверно доказано, что на протяжении геологической истории Земли (4,65 млрд лет) вместе со всей земной природой менялись состав атмосферы, ее масса и климат. По современным представлениям за этот период времени многократно изменялись очертания материков, конфигурация и высота горных систем, площадь суши и океана, происходили изменения светимости Солнца, колебания эксцентриситета земной орбиты и наклона оси вращения Земли к плоскости эклиптики, а также замедление скорости вращения Земли. Следовательно, неизбежно происходили изменения теплооборота, влагооборота и атмосферной циркуляции, а также географических факторов климата. Это и служило причиной его многократных изменений [46].

Временные масштабы движений земной коры равны 10^5 — 10^9 лет. Образование стратосферного аэрозоля вследствие вулканических извержений может приводить к климатическим изменениям в самых широких пределах — от 10^0 до 10^8 лет.

С другой стороны, внутренняя изменчивость климатической системы определяется различными механизмами прямых и обратных связей между составляющими системы: атмосферой, океаном, криосферой, поверхностью суши и биосферой, которые могут действовать во временных масштабах от 10^0 до 10^9 лет. Таким образом, изменения климата могли происходить в любых геологических эпохах. Поэтому для их определения сейчас используются самые различные методы и в первую очередь методы, применяемые в геологии, палеонтологии и геофизике [51].

Показателями климатических изменений в докембрии (период от 4,65 млрд лет до 570 млн лет назад) являются чисто геологические данные, т.е. продукты физического и химического выветривания.

К индикаторам теплого и влажного климата относятся продукты глубокого химического выветривания пород суши, такие как бокситы, каолин, бескарбонатные (латеритные) красноцветы, некоторые алюминиевые, железные и марганцевые руды. Высокая влажность среды необходима и для образования каменных углей.

По мере перехода от древних эпох истории Земли к более поздним арсенал методов, позволяющих определять климатические условия, расширяется, и сведения о господствовавшем в то время климате становятся более детальными. В фанерозое определенные суждения о климатических условиях можно сделать по палеонтологическим и палеоботаническим признакам.

Очень важным количественным методом определения прошлых температурных условий — палеотемператур — является изотопный метод, позволяющий по отношению изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в карбонатных остатках ископаемого планктона определять температуру воды, в которой обитали эти живые организмы, а также восстановление температур воздуха, зафиксированных в ледниковых кернах Антарктиды и Гренландии.

Существуют некоторые геологические признаки, позволяющие определить направления ветра и морских течений в минувшие эпохи, признаки гроз, сезонных изменений климата и др.

Цикличность и ритмичность изменения палеоклиматов отмечали многие исследователи, но пока не появились данные изменения изотопного состава по ледниковым кернам, такая цикличность не была доказана окончательно.

Изменения климата как во время малого климатического оптимума, так и во время малого ледникового периода в разных районах Земли происходили несинхронно. Точные причины этих изменений неизвестны. Существует предположение, что малый ледниковый период связан с увеличением вулканических извержений, а также с уменьшением концентрации CO_2 в атмосфере в это время.

О колебаниях климата в последней четверти XIX и в XX в. можно судить не только по косвенным данным, но и на основе обработки прямых метеорологических измерений. В настоящее время имеются многочисленные свидетельства того, что потепление, последовавшее за малым ледниковым периодом, продолжалось в конце XIX и первой половине XX в. [48]. Это не только отступление горных ледников в Европе, Северной Америке и Азии, но и обработанные ряды метеорологических измерений за 100 лет.

Наблюдаемые изменения в климатической системе Земли ученые связывают с аномальным ростом концентрации в атмосфере так называемых «парниковых газов» (углекислый газ, метан,

закись азота и др.). Эти газы задерживают инфракрасное излучение, которое испускает земная поверхность, создавая тем самым «парниковый эффект». Явление парникового эффекта позволяет поддерживать на поверхности Земли температуру, при которой возможно возникновение и развитие жизни. Если бы парниковый эффект отсутствовал, средняя температура поверхности земного шара была бы значительно ниже, чем она есть сейчас [50].

Однако при повышении концентрации парниковых газов увеличивается непроницаемость атмосферы для инфракрасных лучей, что приводит к повышению температуры Земли.

В последние десятилетия изменения гидроклиматических условий на фоне всеобщего потепления все чаще приводят в различных районах Земли к развитию экстремальных природных явлений (учащению появления мощных тайфунов, ураганов, смерчей, усилению и изменению направлений циклонической деятельности, усилению наводнений, возникновению засух, опустыниванию и пр.), которые все более ощутимо воздействуют на жизнь населения.

Потепление климата сопровождается увеличением испарения и выпадения осадков в умеренных и полярных широтах. Увеличивается циклоническая деятельность, но траектории циклонов смещаются к северу (в северном полушарии), что может привести в северных областях России к заболачиванию земель [21].

В центрально-черноземных и южных областях, наоборот, количество осадков уменьшится, а число засух увеличится.

Потепление сопровождается таянием ледников, через 100—300 лет ледники уменьшатся, а во многих районах исчезнут. Сократится зона вечной мерзлоты.

Изучение прошлого Земли, изменений глобального климата необходимо для понимания процессов, происходящих в настоящем, и возможности предвидения климата будущего.

Практические задания

1. Подготовьте доклад с презентацией об изменениях климата, ожидающих планету в ближайшем будущем. Как отразятся глобальные изменения на климате нашей страны?

2. Постройте прогнозные карты климатических характеристик на разных геологических этапах в связи с изменением климата.

Контрольные вопросы

1. *Какие внешние и внутренние физические процессы могут влиять на изменение климата?

2. Как менялся климат в историческое время?

3. Какой период называется малым климатическим оптимумом? Какой период называется малым ледниковым периодом? Какие существуют характерные признаки похолодания климата в это время?

Практическая работа № 22

Антропогенные изменения климата

Цель работы: изучение основных причин антропогенного изменения климата.

Антропогенные факторы — это формы деятельности человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на их жизни.

Изменения факторов среды во времени могут быть: 1) регулярно-периодическими, меняющими силу взаимодействия в зависимости от времени суток, сезонов года, ритмов приливов и отливов в океане; 2) нерегулярными, без четкой периодичности, например, бури, ливни, обвалы и т.п.; 3) направленными, которые происходят на протяжении известных, иногда длительных отрезков времени, например, при похолодании или потеплении климата, застатии водоемов.

Хозяйственная деятельность людей всегда оказывала влияние на окружающую среду. На начальной стадии развития цивилизации при небольшом населении и ограниченности технических средств эти воздействия имели локальный характер. С ростом населения и переходом к крупным формам промышленного производства началось прогрессирующее воздействие на природу, включая атмосферу, и, следовательно, на климат [31].

Непрерывное изменение границ растительного покрова в условиях интенсивного развития сельскохозяйственного производства, вырубки лесов, прежде всего тропических, привело к опустыниванию больших площадей земной поверхности.

Научные споры о причастности человека к глобальному изменению климата продолжаются. Ведь абсолютное доказательство антропогенной гипотезы невозможно в принципе: у нас нет второй Земли, чтобы поставить контрольный опыт, поместив ее в точно такие же условия, в каких находится наша планета, но исключив влияние человека. Человеческой цивилизации в условиях неопределенности предпочтительнее исходить из той гипотезы, которая предписывает ей более осторожное собственное поведение. Именно такой гипотезой и является антропогенная теория изменения климата [50].

Очевидно только лишь то, что человек своей хозяйственной деятельностью действительно оказывает негативное влияние на климат.

Изменения климата уже происходят и это подтверждают прогнозы ученых. Поэтому вне зависимости от того, причастен к ним человек или нет, необходимо предпринимать меры по противодействию этим изменениям, сдерживать темпы роста температуры, с тем чтобы избежать опасных и необратимых последствий для природы, экономики и общества в будущем. Также уже сейчас надо пытаться приспособиться (адаптироваться) и минимизировать негативные воздействия прогнозируемых климатических изменений и максимально эффективно использовать выгоду от них там, где это возможно.

Человечество нанесло химический удар по атмосфере. Данный выброс — процесс, обратный образованию угля, нефти и газа в недрах Земли. Однако скорость процесса сейчас в миллионы раз больше, чем скорость поглощения CO_2 из атмосферы в далеком прошлом. Это явление совершенно беспрецедентно. Природа не может к нему немедленно приспособиться.

В настоящее время главным естественным регулятором процесса антропогенного изменения климата является Мировой океан. Поглощение углекислого газа океаном — очень сложный процесс. CO_2 не только растворяется в воде, но и переходит в ионные формы HCO_3 и CO_3 , баланс между которыми зависит от температуры, кислотности вод и ряда других факторов. Все это непосредственно связано с жизнью морской биоты. В конечном счете углерод осаждается на дно в виде отмерших морских организмов. Ученые активно исследуют данные процессы. Но пока невозможно сказать, как поведет себя океан, если концентрация CO_2 в атмосфере станет еще выше: будет он тоже поглощать больше или, наоборот, поглощение углекислого газа снизится, что более опасно и может привести к ускоренному изменению климата?

Практические задания

1. Подготовьте реферат-презентацию по изучаемой теме.
- 2.*Охарактеризуйте сферы и последствия антропогенного изменения климата в нашем регионе.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные причины антропогенного изменения климата в геологическом прошлом?
2. Как можно минимизировать негативные воздействия прогнозируемых климатических изменений?
3. Какие изменения ожидают климат планеты в ближайшем будущем?

Содержание лабораторных работ

1. Изучение приборов для измерения атмосферного давления воздуха.
2. Изучение приборов для измерения составляющих солнечной радиации.
3. Изучение приборов для измерения температуры воздуха, почвы, влажности воздуха в стационарных и полевых условиях.
4. Изучение приборов для измерения скорости и направления ветра. Построение розы ветров.
5. Изучение приборов для измерения осадков.
6. Изучение приборов для измерения испарения с поверхности воды и с поверхности почвы. Определение суммарного испарения.
7. Нанесение результатов метеонаблюдений на синоптическую карту. Обработка синоптической карты. Анализ синоптической карты и составление краткосрочного прогноза погоды.

Содержание внеаудиторных заданий

1. Определение среднего количества осадков на водосборе.
2. Расчет испарения с поверхности суши.
3. Составление и анализ синоптической карты.

Учебная практика

В задачи практики входят: освоение технических средств, способов и приемов организации метеорологических наблюдений и измерений, обработка и анализ полученных материалов, приобретение навыков выполнения основных видов метеорологических наблюдений в полевых условиях:

1. Измерение температуры воздуха и почвы.
2. Измерение давления и влажности воздуха.
3. Измерение скорости и направления ветра.
4. Измерение составляющих радиационного баланса.
5. Измерение количества атмосферных осадков (летних и зимних).
6. Определение величины испарения с поверхности почвы и воды.
7. Обработка результатов измерений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Предмет и объект метеорологии и климатологии. Методы метеорологических наблюдений. Метеорологические приборы.
2. Строение атмосферы: основные слои и их особенности.
3. Радиация в атмосфере. Спектральный состав солнечной радиации в атмосфере. Солнечная постоянная.
4. Прямая, рассеянная и суммарная радиация. Географическое распределение суммарной радиации.
5. Интенсивность прямой солнечной радиации, поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Явления, связанные с рассеянием радиации.
6. Солнечная постоянная. Закон ослабления солнечной радиации в атмосфере. Коэффициент прозрачности. Фактор мутности.
7. Альbedo. Поглощенная радиация. Альbedo естественных поверхностей. Планетарное альbedo Земли. Климатическое значение альbedo снежного покрова.
8. Собственное излучение земной поверхности. Встречное излучение атмосферы. Эффективное излучение.
9. Радиационный баланс земной поверхности, его сезонный и годовой ход. Распределение годовых сумм радиационного баланса на земном шаре.
10. Температура воздуха, сухоадиабатические изменения температуры. Уравнение Пуассона. Сухоадиабатические изменения температуры при вертикальных движениях.
11. Приведение температуры к уровню моря. Распределение средней температуры воздуха по земной поверхности в январе и июле и факторы, определяющие его.
12. Распределение температуры воздуха с высотой в тропосфере и стратосфере. Конвекция, ускорение конвекции. Стратификация атмосферы как фактор, определяющий конвекцию.
13. Инверсии температуры и их типы.
14. Причины изменений температуры воздуха. Тепловой баланс земной поверхности.
15. Суточный ход температуры на поверхности и в воздухе над земной поверхностью. Изменение суточного хода температуры с высотой. Вертикальное распределение температуры в пограничном слое в различное время суток.

16. Особенности распределения тепла в почве. Законы Фурье. Слои постоянной суточной и годовой температуры.
17. Типы годового хода температуры на земном шаре.
18. Состав сухого воздуха у земной поверхности. Водяной пар в воздухе. Характеристики влажности. Изменение состава воздуха с высотой.
19. Плотность сухого и влажного воздуха, виртуальная температура.
20. Испарение и насыщение. Скорость испарения. Закон Дальтона. Испаряемость.
21. Конденсация водяного пара в атмосфере. Насыщение, давление насыщенного пара, его зависимость от температуры. Ядра конденсации.
22. Уравнение состояния сухого воздуха. Газовая постоянная. Молекулярная масса сухого воздуха.
23. Характеристики влажности воздуха и связи между ними.
24. Сухо- и влажноadiaбатические изменения температуры воздуха, псевдоadiaбатический процесс. Потенциальная температура.
25. Условия образования осадков. Форма осадков, выпадающих из облаков.
26. Типы годового хода осадков. Показатель неравномерности осадков.
27. Снежный покров. Климатическое значение снежного покрова. Распределение снежного покрова в России. Снеговая линия.
28. Туманы, общие условия их образования, генетические типы. Смог.
29. Международная классификация облаков.
30. Генетическая классификация облаков. Внутримассовые и фронтальные облака.
31. Облака. Микроструктура и водность облаков.
32. Облака вертикального развития. Гроза.
33. Давление воздуха. Единицы измерения. Применение барометрической формулы. Барическая ступень. Вертикальный барический градиент.
34. Атмосферное давление. Приведение давления к уровню моря.

35. Среднее распределение атмосферного давления на уровне моря в январе и июле.
36. Карты барической топографии.
37. Барические системы. Распределение давления и ветра в циклоне и антициклоне у земной поверхности и на высотах.
38. Силы, действующие в атмосфере.
39. Сила горизонтального барического градиента. Геострофический ветер.
40. Градиентный ветер в циклоне и антициклоне.
41. Отклоняющая сила вращения Земли.
42. Изменение ветра с высотой. Термический ветер.
43. Влияние трения на скорость и направления ветра. Угол отклонения ветра от градиента давления. Ветер в планетарном пограничном слое.
44. Ветер, его скорость и направление. Розы ветров, линии тока и изотахи. Сходимость и расходимость линий тока. Вертикальные движения.
45. Местные ветры: бриз, горно-долинный, фен, бора и др.
46. Общая циркуляция атмосферы. Масштабы атмосферного движения. Зональность систем давления и ветра. Меридиональные составляющие циркуляции.
47. Пассаты. Погода пассата. Антипассаты.
48. Внутритропическая зона конвергенции.
49. Тропические циклоны: районы возникновения, перемещение, условия погоды.
50. Циклоническая деятельность во внетропических широтах.
51. Внетропические циклоны. Стадии развития. Циклонические серии.
52. Циклонические серии и их роль в межширотном обмене.
53. Внетропические антициклоны. Стадии развития.
54. Муссоны умеренных широт.
55. Географические типы воздушных масс, типы атмосферных фронтов. Климатологическое положение главных фронтов в атмосфере.
56. Теплые и холодные фронты. Фронт и струйные течения.
57. Климатообразующие процессы, географические факторы климата.

58. Влияние распределения суши и моря на климат. Континентальность климата. Индекс континентальности.
59. Непреднамеренное воздействие человека на климат.
60. Микроклимат пересеченной местности, леса, большого города.
61. Экваториальный климат.
62. Тропические климаты.
63. Климат тропических муссонов (субэкваториальный).
64. Типы субтропического климата.
65. Климат западных и восточных побережий умеренных широт.
66. Внутриконтинентальный климат умеренных широт.
67. Климат Арктики.
68. Климат Антарктиды.
69. Климатическая классификация Берга.
70. Классификация климатов Кеппена—Треварта.
71. Классификация климатов Алисова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Основная литература и источники

1. Алисов Б.П., Дроздов О.А., Рубинштейн Е.С. Курс климатологии. Л., 1952.
2. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. 2-е изд., перераб. М., 1974.
3. Антропогенные изменения климата / Под ред. М.И.Будыко, Ю.А.Израэля. Л., 1987.
4. Атлас мира. М., 1967.
5. Атлас облаков. СПб., 2006.
6. Атлас облаков. СПб., 1993.
7. Атлас облаков / Под ред. А.Х.Хриана. Л., 1978.
8. Борисов А.А. Климаты СССР. М., 1967.
9. Будыко М.И. Изменение климата. Л., 1974.
10. Будыко М.И. Глобальная экология. М., 1977.
11. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л., 1980.
12. Будыко М.И. Антропогенные изменения климата. М., 1986.
13. Воейков А.И. Климаты земного шара, в особенности России. СПб., 1984.
14. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л., 1991.
15. Городецкий О.А., Гуральник И.И., Ларин В.В. Метеорология, методы и технические средства наблюдений. Л., 1991.
16. Гребенюк Г.Н. Общее землеведение с основами краеведения: Учебное пособие. Нижневартонск, 2001.
17. Гуральник И.И., Дубинский Г.П., Ларин В.В., Мамиконова С.В. Метеорология / Отв.ред. А.Г.Бройдо, С.В.Зверева. Л., 1982.
18. Дроздов О.А. Климатология. М., 1991.
19. Ерамов Р.А. Практикум по физической географии материков: Учебное пособие для студентов пед. ин-тов по спец. «География». М., 1987.
20. Зайцева И.А. Аэрология. Л., 1990.
21. Захаровская Н.Н., Ильинич В.В. Метеорология и климатология. М., 2004.
22. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. Л., 1977.

23. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001. № 5. С. 5—21
24. Исаев А.А. Экологическая климатология: Учебное пособие. 2-е изд. М., 2003.
25. Каталог-справочник: Приборы и оборудование для гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей среды. Обнинск, 2010. Ч. 1, 2.
26. Кондратьев К.Я. Актинометрия. Л., 1965.
27. Косарев В.П. Лесная метеорология: Методические указания к лабораторным работам с элементами НИРС для студентов специальности 31.12 (1512). Л., 1989.
28. Левин Б.Ю. Происхождение Земли и планет. М., 1964.
29. Любушкина С.Г. Общее землеведение: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. «География» / С.Г.Любушкина, К.В.Пашканг, А.В.Чернов; Под ред. А.В.Чернова. М., 2004.
30. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Л., 1976.
31. Моргунов В.К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений: Учебник / В.К.Моргунов. Ростов н/Д.; Новосибирск, 2005.
32. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. Л., 1985. Вып. 3. Ч. 1.
33. Параметризация антропогенных воздействий / Под ред. В.Г.Морачевского. Л., 1984.
34. Пашканг К.В. Практикум по общему землеведению: Учеб. пособие для педагогических институтов. М., 1970.
35. Павлова М.Д. Практикум по агрометеорологии. Л., 1974.
36. Практикум по общему землеведению. Пособие для студентов-заочников географических факультетов педагогических институтов / Под ред. А.Ф.Росляковой. М., 1973.
37. Природные опасности России / Под общ. ред. В.И.Осипова, С.К.Шойгу. М., 2001. Т. 5.
38. Рейфер А.Б., Алексеенко М.И., Бурцев П.Н. и др. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. Л., 1971.
39. Руководство гидрометеорологическим станциям и постам по актинометрическим наблюдениям. Л., 1973.

40. Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. Л., 1979.

41. Савцова Т.М. Общее землеведение: Учеб. пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Т.М.Савцова. М., 2003.

42. Семенченко Б.А. Физическая метеорология: Учебник / Б.А.Семенченко. М., 2002.

43. Смит К. Основы прикладной метеорологии. Л., 1978.

44. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и методы наблюдений. 2-е изд., перераб. Л., 1978.

45. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Л., 1978.

46. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М., 2001.

47. Шпаченко И.А. Общее землеведение: Учеб.-метод. комплекс для студентов географических специальностей пед. ун-тов. Томск, 2006.

48. Шубаев Л.П. Общее землеведение: Учеб. пособие для студентов географических специальностей педагогических институтов и университетов. М., 1969.

49. Ясаманов И.Я. Занимательная климатология. М., 1989.

Дополнительная литература

1. Астапенко П.Д. Вопросы о погоде. Л., 1982.

2. Берг Л.С. История русских географических открытий. М., 1962.

3. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. Л., 1998.

4. Блютген И. География климатов. М., 1972. Т. 1, 2.

5. Борисенков Е.П. Климат и его изменение. М., 1976.

6. Витвицкий Г.Н. Зональность климата Земли. М., 1980.

7. Глазунов В.Г. Методические указания к проведению лабораторных работ по лесной метеорологии. М., 1991.

8. Голицын Г.С. Теория климата. М., 1987.

9. Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М., 2001.

10. Климатические характеристики земного шара. Азия (без СССР), Африка, Австралия, Океания, Южная Америка. Л., 1977.

11. Косарев В.П., Таранков В.И. Лесная метеорология: Учебник. М., 1991.
12. Косарев В.П. Лесная метеорология с основами климатологии: Учебное пособие. СПб., 2002.
13. Костин С.И. Краткий курс метеорологии и климатологии для лесоводов: Учебное пособие для вузов. Л., 1971.
14. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология: Учебник. М., 2001.
15. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л., 1984.
16. Метеорологические приборы. М., 1987.
17. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л., 1979.
18. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3 Ч. 1; Вып. 2. Ч. 2; Вып. 8. Л., 1969—1995.
19. Погосян Х.П., Туркетти З.Л. Атмосфера Земли. М., 1970.
20. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. Л., 1971.
21. Таранков В.И. Лесная климатология: Учебное пособие. Воронеж, 1991.
22. Хромов С.П. Метеорология и Климатология: Учебник для университетов. Л., 1983.
23. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л., 1974.

Интернет-ресурсы

1. URL: <http://climatechange.ru/node/117>
2. URL: <http://www.libsid.ru/klimatologiya-i-meteorologiya/klimatologiya-i-meteorologiya/vozmozhnie-prichini-i-metodi-izucheniya-izmeneniy-klimata>
3. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Атмосфера_Земли
4. URL: <http://hmc.hydromet.ru/climate/bank/bank.html> (Тропические циклоны)
5. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Категория:Тропические_циклоны
6. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Категория:Тайфуны>
7. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Категория:Ураганы>

8. URL: <http://www.krugosvet.ru/articles/123/1012328/1012328a1.htm> (Атмосферная циркуляция, пассаты, муссоны, внутритропическая зона конвергенции)
9. URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1225238> (Общая циркуляция атмосферы,
10. URL: <http://www.krugosvet.ru/articles/118/1011828/1011828a1.htm> (Смерчи и торнадо)
11. URL: http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RMIxyt:!!ilyw: (Местные ветры)
12. URL: http://www.ssga.ru/erudites_info/vozd_ocean/vozdushny_ocean13.html (Местные ветры).
13. URL: <http://meteoweb.ru/phen020.php> (Особо опасные явления в атмосфере)
14. URL: <http://www.poteplenie.ru/doc/kondratiev-aerazol.pdf>, <http://atm563.phys.msu.ru/rus/sattomo.htm>, (Спутниковые наблюдения и методы их обработки).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Обозначения основных метеорологических величин

- t — температура (°C)
 T — температура (K)
 p — атмосферное давление (гПа)
 e — парциальное давление водяного пара, давление водяного пара (гПа)
 E — давление насыщенного водяного пара (гПа)
 a — абсолютная влажность воздуха (г/м³)
 q — удельная влажность (массовая доля водяного пара, кг/кг)
 S — отношение смеси (кг/кг)
 F — относительная влажность (%)
 ρ — плотность (кг/м³)
 $\gamma = \frac{\partial T_a}{\partial z}$ — вертикальный градиент температуры стратификации атмосферы (K/м)
 $\gamma_a = 0,01^\circ\text{C/м}$ — сухоадиабатический вертикальный градиент температуры (K/м)
 Φ^* — геопотенциал (м²/с²)
 H — геопотенциальная высота (гп. м)
 S^* — 1367 Вт/м² — солнечная постоянная при среднем расстоянии от Земли до Солнца
 S_0 — солнечная постоянная при любом расстоянии от земли до Солнца
 S — прямая солнечная радиация (Вт/м²)
 S' — прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность, инсоляция (Вт/м²)
 D — рассеянная радиация (Вт/м²)
 Q — суммарная солнечная радиация (Вт/м²)
 E_s — длинноволновое излучение земной поверхности (Вт/м²)
 E_a — длинноволновое излучение атмосферы (Вт/м²)
 E_e — эффективное излучение (Вт/м²)
 B — радиационный баланс (Вт/м²)

Приложение 2

Некоторые константы

Масса Солнца	$M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Масса Земли	$M_{\oplus} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Радиус Земли:	$R_{\oplus}$
экваториальный	$= 6378164 \text{ м}$
полярный	$= 6356799 \text{ м}$
средний	$= 6371030 \text{ м}$
Среднее расстояние от Земли до Солнца	$\bar{r} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$
Скорость света в вакууме	$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Нормальное ускорение свободного падения	$g = 9,80665 \text{ м/с}^2$
Универсальная гравитационная постоянная	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Угловая скорость вращения Земли	$\omega = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	$\begin{cases} 8,314 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль}) \\ 8,314 \cdot 10^7 \text{ эрг}/(\text{К} \cdot \text{моль}) \end{cases}$
Удельная газовая постоянная сухого воздуха	$R_d = 287,05 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
Удельная газовая постоянная водяного пара	$R_w = 461,51 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
Удельная теплоемкость сухого воздуха при постоянном давлении	$C_p = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
Удельная теплоемкость сухого воздуха при постоянном объеме	$C_v = 718 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	$k = \begin{cases} 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \\ 1,380 \cdot 10^{-16} \text{ эрг/К} \end{cases}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Планка	$h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж/с}$
Число Авогадро	$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Число Лошмидта	$n_0 = 2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
Число Фарадея	$F = 0,965 \cdot 10^8 \text{ Кл/кг} \cdot \text{экв}$

Удельная теплота перехода «вода ⇔ пар»	$L = (2501 - 2,72 \text{ t}^\circ) \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$
Удельная теплота сублимации	$L_c = (2834,6 - 1,51 \text{ t}^\circ) \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$
Удельный заряд электрона	$\frac{e}{m_e} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Атомная единица массы	$1 a.e.m. = \begin{cases} 1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \\ 931,5 \text{ МэВ} \end{cases}$
Элементарный заряд	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл/кг}$
Масса электрона	$m_e = \begin{cases} 0,911 \cdot 10^{-30} \text{ кг} \\ 0,511 \text{ МэВ} \end{cases}$
Масса протона	$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Объем килограмм-моля идеального газа при нормальных условиях: 1013 гПа, $T_0 = 273,15 \text{ К}$	$V = 22,41383 \text{ м}^3/(\text{кг моль})$
Солнечная постоянная	$S^* = 1367 \text{ Вт/м}^2$
Молярная масса сухого воздуха	$\mu_d = 28,97 \text{ кг/кмоль}$
Молярная масса водяного пара	$\mu_w = 18,02 \text{ кг/моль}$
Объемный коэффициент теплового расширения газов	$\alpha = 1/273,15 = 3,66 \cdot 10^{-3} (\text{°C})^{-1}$

Приложение 3

Основные и дополнительные единицы Международной системы (СИ)

Величина	Единица	
	Наименование	Обозначение
<i>Основные единицы</i>		
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Количество вещества	моль	моль
Сила света	кандела	кд
<i>Дополнительные единицы</i>		
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср

Приложение 4

Приставки и множители для образования десятичных кратных и дольных единиц

Приставка			Мно- житель	Приставка			Мно- житель
Наиме- нование	Обозначение			Наимено- вание	обозначение		
	рус- ское	между- народное			рус- ское	между- народное	
экса	Э	E	10 ¹⁸	деци	д	d	10 ⁻¹
пета	П	P	10 ¹⁵	санτι	с	c	10 ⁻²
тера	T	T	10 ¹²	милли	м	m	10 ⁻³
гига	Г	G	10 ⁹	микро	мк	μ	10 ⁻⁶
мега	М	M	10 ⁶	нано	н	n	10 ⁻⁹
кило	к	K	10 ³	пико	п	p	10 ⁻¹²
гекто	г	h	10 ²	фемто	ф	f	10 ⁻¹⁵
дека	да	da	10 ¹	атто	а	a	10 ⁻¹⁸

Приложение 5

Греческий и латинский алфавиты

Греческий алфавит

Α, α	<i>альфа</i>	Ι, ι	<i>йота</i>	Ρ, ρ	<i>ро</i>
Β, β	<i>бета</i>	Κ, κ	<i>каппа</i>	Σ, σ	<i>сигма</i>
Γ, γ	<i>гамма</i>	Λ, λ	<i>ламбда</i>	Τ, τ	<i>тау</i>
Δ, δ	<i>дельта</i>	Μ, μ	<i>ми</i>	Υ, υ	<i>ипсилон</i>
Ε, ε	<i>эпсилон</i>	Ν, ν	<i>ни</i>	Φ, φ	<i>фи</i>
Ζ, ζ	<i>дзета</i>	Ξ, ξ	<i>кси</i>	Χ, χ	<i>хи</i>
Η, η	<i>эта</i>	Ο, ο	<i>омикрон</i>	Ψ, ψ	<i>пси</i>
Θ, θ	<i>тета</i>	Π, π	<i>пи</i>	Ω, ω	<i>омега</i>

Латинский алфавит

A, a	<i>a</i>	J, j	<i>йот</i>	S, s	<i>эс</i>
B, b	<i>бе</i>	K, k	<i>ка</i>	T, t	<i>те</i>
C, c	<i>це</i>	L, l	<i>эль</i>	U, u	<i>у</i>
D, d	<i>де</i>	M, m	<i>эм</i>	V, v	<i>ве</i>
E, e	<i>э</i>	N, n	<i>эн</i>	W, w	<i>дубль-ве</i>
F, f	<i>эф</i>	O, o	<i>о</i>	X, x	<i>икс</i>
G, g	<i>ге</i>	P, p	<i>пе</i>	Y, y	<i>игрек</i>
H, h	<i>ха</i>	Q, q	<i>ку</i>	Z, z	<i>зет (зета)</i>
I, i	<i>и</i>	R, r	<i>эр</i>		

Приложение 6

Атмосферные явления

I. Гидрометеоры	
<i>Осадки, выпадающие на земную поверхность</i>	
<i>Жидкие</i>	
●	дождь
○ ▽	ливневый дождь
☉	морось

<i>Твердые</i>	
	снег
	ливневый снег
	снежная крупа
	снежные зерна
	ледяная крупа
	ледяной дождь
	град
	ледяные иглы
<i>Смешанные осадки (твердые осадки мокрые)</i>	
	мокрый снег
	ливневый мокрый снег
<i>Осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах</i>	
<i>Жидкие</i>	
	роса
<i>Твердые</i>	
	иней
	гололед
	зернистая изморозь
	кристаллическая изморозь
	гололедица
<i>Туманы</i>	
	туман
	ледяной туман
	просвечивающий туман
	просвечивающий ледяной туман
	поземный туман

	поземный ледяной туман
	туман в окрестностях (местами или на расстоянии)
	парение моря (озера, реки)
	дымка
<i>Метели</i>	
	метель общая
	метель низовая
	поземок
	снежная мгла
II. Литометеоры	
	пыль, взвешенная в воздухе
	пыльный поземок
	пыльная буря
	мгла
III. Электрические явления	
	гроза
	зарница
	полярное сияние
IV. Оптические явления	
	мираж
V. Неклассифицированные явления	
	шквал
	вихрь (пыльный или песчаный)
	смерч

**Классификация облаков (основные формы,
виды и разновидности)**

Форма	Вид	Разновидность
А. Облака верхнего яруса		
I. Перистые Cirrus (Ci)	1. Перистые волокнистые (перистые нитевидные) Cirrus fibratus (Ci fib.)	а) перистые когтевидные Cirrus uncinus (Ci unc.)
		б) перистые хребтовидные Cirrus vertebrates (Ci vert.)
		в) перистые перепутанные Cirrus intortus (Ci int.)
	2. Перистые плотные Cirrus spissatus (Ci sp.)	а) перистые, образовавшиеся из навален кучево-дождевых облаков Cirrus incusgenitus (Ci ing.)
		б) перистые хлопьевидные Cirrus floccus (Ci flocc.)
II. Перисто-кучевые Cirrocumulus (Cc)	1. Перисто-кучевые волнистообразные Cirrocumulus undulates (Cc und.)	а) перисто-кучевые чечевицеобразные Cirrocumulus lenticularis (Cc lent.)
	2. Перисто-кучевые Cirrocumulus cumuliformis (Cc cuf.)	а) перисто-кучевые хлопьевидные Cirrocumulus floccus (Cc flocc.)
III. Перисто-слоистые Cirrostratus (Cs)	1. Перисто-слоистые волокнистые Cirrostratus fibratus (Cs fib.)	нет
	2. Перисто-слоистые туманообразные Cirrostratus nebulosus (Cs neb.)	нет

Б. Облака среднего яруса		
IV. Высоко-кучевые <i>Alto cumulus</i> (Ac)	1. Высоко-кучевые волнистообразные <i>Alto cumulus undulatus</i> (Ac und.)	а) высоко-кучевые просвечивающие <i>Alto cumulus translucidus</i> (Ac trans.)
		б) высоко-кучевые плотные, непросвечивающие <i>Alto cumulus opacus</i> (Ac op.)
		в) высоко-кучевые чечевицеобразные <i>Alto cumulus lenticularis</i> (Ac lent.)
		г) высоко-кучевые неоднородные <i>Alto cumulus inhomogenus</i> (Ac inh.)
	2. Высоко-кучевые кучевообразные <i>Alto cumulus cumuliformis</i> (Ac cuf.)	а) высоко-кучевые хлопьевидные <i>Alto cumulus floccus</i> (Ac floc.)
		б) высоко-кучевые башенкообразные <i>Alto cumulus castellatus</i> (Ac cast.)
		в) высоко-кучевые образовавшиеся из кучевых <i>Alto cumulus cumulogenitus</i> (Ac cug.)
		г) высоко-кучевые с полосами осадков <i>Alto cumulus virga</i> (Ac virga)
V. Высоко-слоистые <i>Alto stratus</i> (As)	1. Высоко-слоистые туманообразные <i>Alto stratus nebulosus</i> (As neb.)	а) высоко-слоистые просвечивающие <i>Alto stratus translucidus</i> (As tras.)
		б) высоко-слоистые плотные непросвечивающие <i>Alto stratus opacus</i> (As op.)
		в) высоко-слоистые дающие осадки <i>Alto stratus praecipitans</i> (As pr.)

	2. Высоко-слоистые волнистые Altostratus undulates (As und.)	те же разновидности
В. Облака нижнего яруса		
VI. Слоисто-кучевые Stratocumulus (Sc)	1. Слоисто-кучевые волнистообразные Stratocumulus undulates (Sc und.)	а) слоисто-кучевые просвечивающие Stratocumulus translucidus (Sc trans.)
		б) слоисто-кучевые непросвечивающие Stratocumulus opacus (Sc op.)
		в) слоисто-кучевые чечевицеобразные Stratocumulus lenticularis (Sc lent.)
	2. Слоисто-кучевые кучевообразные Stratocumulus cumuliformis (Sc cuf.)	а) слоисто-кучевые башенковидные Stratocumulus castellanus (Sc cast.)
		б) слоисто-кучевые растекающиеся дневные Stratocumulus diurnalis (Sc diur.)
		в) слоисто-кучевые растекающиеся вечерние Stratocumulus vespertalis (Sc vesp.)
VII. Слоистые Stratus (St)	1. Слоистые туманообразные Stratus nebulosus (St neb.)	
	2. Слоистые волнистообразные Stratus undulates (St und.)	
	3. Разорванно-слоистые Stratus fractus (St fr.)	а) разорванно-дождевые Fractonimbus (Frnb)

VIII. Слоисто-дождевые Nimbostratus (Ns)	Нет	Нет
Г. Облака вертикального развития		
IX. Кучевые Cumulus (Cu)	1. Кучевые плоские Cumulus humilis (Cu hum.)	а) разорванно-кучевые Cumulus fractus (Cu fr.)
	2. Кучевые средние Cumulus mediocrus (Cu med.)	
	3. Кучевые мощные Cumulus congestus (Cu cong.)	а) кучевые с покрывалом Cumulus pileus (Cu pil.)
X. Кучево-дождевые Cumulonimbus (Cb)	1. Кучево-дождевые лысые Cumulonimbus calvus (Cb calv.)	а) кучево-дождевые лысые с грозовым валом Cumulonimbus calvus arcus (Cb calv.arc.)
	2. Кучево-дождевые волосатые Cumulonimbus capillatus (Cb cap.)	а) кучево-дождевые волосатые с грозовым валом Cumulonimbus capillatus arcus (Cb cap.arc.)
		б) кучево-дождевые с наковальной Cumulonimbus incus (Cb inc.)
		в) кучево-дождевые плоские Cumulonimbus humilis (Cb hum.)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Основы метеорологии.	
Метеорологические наблюдения	6
<i>Практическая работа № 1</i>	
Атмосфера, строение атмосферы	9
<i>Практическая работа № 2</i>	
Метеорология и климатология	13
<i>Практическая работа № 3</i>	
Организационно-методические основы приземных метеорологических наблюдений	18
<i>Практическая работа № 4</i>	
Метеорологическая площадка, программа и виды наблюдений	20
Глава 2. Радиационный и тепловой режимы	26
<i>Практическая работа № 5</i>	
Измерение радиации. Определение продолжительности солнечного сияния	26
<i>Практическая работа № 6</i>	
Температурный режим атмосферы. Измерение температуры и влажности воздуха	36
<i>Практическая работа № 7</i>	
Определение температуры и состояния подстилающей поверхности	50
<i>Практическая работа № 8</i>	
Измерение температуры почвы на глубинах на участках без растительного покрова и под естественным покровом	54
Глава 3. Вода в атмосфере	60
<i>Практическая работа № 9</i>	
Образование, виды и способы измерения атмосферных осадков	60
<i>Практическая работа № 10</i>	
Наблюдения за снежным покровом	68
<i>Практическая работа № 11</i>	
Определение метеорологической дальности видимости	78
<i>Практическая работа № 12</i>	
Наблюдения за атмосферными явлениями	89
<i>Практическая работа № 13</i>	
Загрязнение атмосферы	97

<i>Практическая работа № 14</i>	
Наблюдения за облаками.....	100
Глава 4. Барическое поле	110
<i>Практическая работа № 15</i>	
Атмосферное давление, приборы и единицы его измерения.....	110
<i>Практическая работа № 16</i>	
Изобарические поверхности. Циклоны и антициклоны.....	118
<i>Практическая работа № 17</i>	
Ветер и измерение характеристик ветра.....	125
Глава 5. Климатообразование	137
<i>Практическая работа № 18</i>	
Погода и климат	137
<i>Практическая работа № 19</i>	
Климатообразующие процессы, микроклимат	140
<i>Практическая работа № 20</i>	
Климаты Земли. Классификация климата.	
Климатические зоны России	144
<i>Практическая работа № 21</i>	
Изменения климата	151
<i>Практическая работа № 22</i>	
Антропогенные изменения климата.....	155
Вопросы для самоконтроля	159
Список литературы и источников	163
Приложения	168

Изд. лиц. ЛР № 020742. Подписано в печать 12.11.2012
 Формат 60×84/16. Бумага для множительных аппаратов
 Гарнитура Times. Усл. печ. листов 11,25
 Тираж 300 экз. Заказ 1345

*Отпечатано в Издательстве
 Нижневартковского государственного гуманитарного университета
 628615, Тюменская область, г.Нижневартовск, ул.Дзержинского, 11
 Тел./факс: (3466) 43-75-73*