

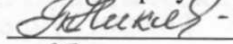
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКИ

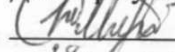
СОГЛАСОВАНО

Председатель методической
комиссии факультета

 Т.Н. Никонович
« 28 » июня 2016г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 Ю.А. Миренков
« 28 » июня 2016г.

Агрометеорология

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

для студентов специальностей:

- 1 – 74 02 03 Защита растений и карантин,
- 1 – 74 02 04 Плодоовощеводство,
- 1 – 74 02 05 Агрохимия и почвоведение,
- 1 – 33 01 06 Экология сельского хозяйства

Горки
БГСХА
2016

Рекомендован научно-методическим советом УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

(протокол № 10 от 29 июня 2016 г.)

УДК 631.95

ББК 40.2 Я73

А 26

СОСТАВИТЕЛЬ

Степан Иванович Козлов, заведующий кафедрой физики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Виталий Юльянович Плавский, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по научной и инновационной работе Государственного научного учреждения «Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси»;

Кафедра физико-математических дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» (протокол № 6 от 20 апреля 2016 г.)

Агрометеорология: Учебно-методический комплекс для студентов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Сост. С.И. Козлов – Горки, 2016.

© Учреждение образования
«Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2016 г.

Содержание

Пояснительная записка.....	3
1. Теоретический раздел.....	6
1.1 Содержание учебного материала.....	6
1.2 Тематические планы лекций.....	10
1.3 Конспект лекций	12
1.4 Перечень тем выносимых на самостоятельное изучение.....	61
2. Практический раздел.....	62
2.1 Тематические планы лабораторных занятий.....	62
2.2 Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	63
3. Раздел контроля знаний.....	127
3.1 Вопросы промежуточного контроля	127
3.2 Вопросы текущей аттестации	129
3.3 Критерии оценки по дисциплине.....	131
4. Вспомогательный раздел.....	132
4.1 Список литературы.....	132

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Агрометеорология» изучается в УО БГСХА в соответствии с образовательными стандартами высшего образования первой ступени ОСВО 1-74 02 03-2013, ОСВО 1-74 02 04 -2013, ОСВО 1-74 02 05 -2013, ОСВО 1-33 01 06-2013 для студентами следующих специальностей: 1-74 02 03 Защита растений и карантин; 1-74 02 04 Плодоовощеводство; 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение; 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства.

Агрометеорология представляет собой систему специфических знаний, закономерно сочетающихся и образующих единый сложный комплекс, служащий целям и задачам сельского хозяйства.

В результате изучения дисциплины «Агрометеорология» студенты должны знать теоретический курс по предмету, уметь оценивать сложившуюся и ожидаемую метеорологическую обстановку при возделывании сельскохозяйственных культур, выполнять некоторые метеорологические и агрометеорологические наблюдения, используя метеорологические приборы, обрабатывать и анализировать материал наблюдений, пользоваться режимной и оперативной агрометеорологической информацией.

Данный учебно-методический комплекс (УМК) для студентов предназначен для реализации требований образовательных программ учебной дисциплины и образовательных стандартов на I ступени очной и заочной форм получения высшего образования.

В УМК объединяются структурные элементы научно-методического обеспечения образования. Научно-методическое обеспечение образования осуществляется в целях обеспечения получения образования, повышения его качества и основывается на результатах фундаментальных и прикладных научных исследований в сфере образования.

При этом обеспечивается:

своевременное отражение результатов достижений науки, техники и технологий, культуры и производства в других сферах, связанных с изучаемой учебной дисциплиной;

последовательное изложение учебного материала, реализация междисциплинарных связей, исключение дублирования учебного материала;

использование современных методов, технологий и технических средств в образовательном процессе;

рациональное распределение времени по темам учебной дисциплины и учебным занятиям в зависимости от формы получения высшего образования, совершенствование методики проведения учебных занятий;

планирование, организация и методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся;

использование компонентов контроля знаний в ходе текущей аттестации обучающихся;

взаимосвязь образовательного процесса с научно-исследовательской работой обучающихся;

профессиональная направленность образовательного процесса с учетом специфических условий и потребностей организаций - заказчиков кадров.

В соответствии с образовательными стандартами высшего образования первой ступени в результате изучения дисциплины студенты должны

знать: современные средства и достижения агрометеорологии; основные критерии для оценки сложившейся и ожидаемой метеорологической обстановки; методику составления некоторых агрометеорологических прогнозов и расчетов обеспеченности теплом и влагой вегетационных периодов;

уметь: оценивать сложившуюся и ожидаемую метеорологическую обстановку при возделывании сельскохозяйственных культур; выполнять некоторые агрометеорологические наблюдения; обрабатывать и анализировать материалы наблюдений; пользоваться режимной и оперативной агрометеорологической информацией.

владеть: приемами обработки результатов прямых и косвенных измерений, используя метеорологические приборы.

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины «Агрометеорология» предусматривается:

по специальностям 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение, 1-74 02 03 Защита растений и карантин

на очной форме с полным сроком обучения 64 часа, в том числе 34 часов аудиторные;

по специальности 1-74 02 04 Плодоовощеводство

на очной форме с полным сроком обучения 64 часа, в том числе 34 часов аудиторные;

на очной форме с сокращенным сроком обучения 60 часов, в том числе 34 часов аудиторные;

по специальности 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства

на очной форме с полным сроком обучения 54 часа, в том числе 36 часов аудиторные;

на заочной форме с полным сроком обучения 54 часа, в том числе 8 часов аудиторные.

Распределение аудиторного времени
для специальностей 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение,
1-74 02 03 Защита растений и карантин

№ п/п	Форма обучения	Курс	Семестр	Примерное количество аудиторных часов		
				Всего	в том числе	
					лекций	лабораторных
1	Очная с полным сроком	1	2	34	16	18

Форма текущей аттестации – з а ч е т.

для специальности 1-74 02 04 Плодоовощеводство

№ п/п	Форма обучения	Курс	Семестр	Примерное количество аудиторных часов		
				всего	в том числе	
					лекций	лабораторных
1	Очная с полным сроком	1	2	34	16	18
1	Очная с сокращенным сроком	1	2	34	16	18

Форма текущей аттестации – з а ч е т.

для специальности 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства

№ п/п	Форма обучения	Курс	Семестр	Примерное количество аудиторных часов		
				всего	в том числе	
					лекций	лабораторных
1	Очная с полным сроком	1	2	36	18	18
3	Заочная с полным сроком	3	2	8	4	4

Форма текущей аттестации – з а ч е т.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Содержание учебного материала

1.1.1 Введение. Атмосфера

Предмет агрометеорологии, объекты и методы исследования. Основные задачи агрометеорологии. Ее связь с другими науками. Основные сведения о развитии агрометеорологии (в связи с развитием общей метеорологии). Агрометеорология в Беларуси.

Земная атмосфера как среда сельскохозяйственного производства. Газовый состав приземного слоя воздуха и почвенного воздуха, его значение для сельского хозяйства. Аэрозоли. Загрязнение атмосферы и борьба с ним. Закон об охране атмосферного воздуха. Плотность атмосферы. Атмосферное давление и методы его измерения. Единицы измерения. Изменение давления и состава атмосферы с высотой. Барическая ступень. Изменчивость давления на поверхности Земли. Горизонтальный барический градиент. Строение атмосферы. Современные методы исследования атмосферы.

1.1.2 Солнечная радиация и растения

Солнце и Земля как источники лучистой энергии. Солнечная постоянная. Единицы измерения лучистой энергии. Классификация растений по их фотопериодической реакции. Шкала солнечного излучения и оптические свойства атмосферы. Спектральный состав солнечной радиации. Биологическое значение основных частей спектра, фотосинтетически активная радиация (ФАР). Спектры поглощения листьев. Использование ФАР посевами. Компенсационная точка. Пути повышения использования ФАР посевами и насаждениями. Поглощение и рассеяние солнечных лучей в атмосфере. Изменение спектрального состава солнечной радиации в зависимости от высоты солнца и высоты над уровнем моря. Спектры различных искусственных источников света, применяемые для дополнительного освещения растений. Прямая, рассеянная и суммарная радиация. Отраженная радиация. Альbedo различных поверхностей. Годовой ход альbedo в Беларуси. Длинноволновое излучение Земли и атмосферы. Уравнение радиационного баланса. Суточный и годовой ход радиационного баланса и его составляющих. Методы измерения составляющих радиационного баланса. Влияние экспозиции и крутизны склонов на приход солнечной радиации. Поглощение солнечной радиации посевами. Радиационный режим в теплицах. Биологическое воздействие солнечной радиации на растения и живые организмы и пути повышения использования ресурсов солнечной радиации в сельском хозяйстве.

1.1.3 Температурный режим почвы и воздуха

Процессы нагревания и охлаждения почвы. Тепловой баланс Земли. Методы измерения температуры почвы. Суточный и годовой ход температуры почвы в Беларуси. Закономерности распространения тепла в почве. Термоизоплеты. Процессы замерзания и оттаивания почвы. Влияние температуры на сроки сева, скорость прорастания семян, рост корневой системы, поступление питательных веществ в растение, жизнедеятельность микроорганизмов. Методы оптимизации температурного режима почвы.

Процессы нагревания и охлаждения воздуха. Изменение температуры воздуха с высотой. Вертикальный градиент температуры в приземном слое воздуха и в свободной атмосфере. Температурная инверсия. Методы измерения температуры воздуха. Суточный и годовой ход температуры воздуха в Беларуси. Характеристики температурного режима. Понятие об активных и эффективных температурах. Суммы активных и эффективных температур за вегетационный период. Температура биологического минимума. Продолжительность вегетационного периода по районам Республики Беларусь. Суммы ночных и дневных температур. Влияние сумм температур на сроки сева озимых культур, подкормок озимых весной, сева яровых и других культур.

Температурный режим в садах, посевах, закрытом грунте. Значение термических условий для сельскохозяйственного производства, их влияние на появление вредителей и болезней, урожайность культур и качество урожая.

1.1.4 Водяной пар в атмосфере

Влажность воздуха. Величины, характеризующие содержание водяного пара в атмосфере, их зависимость от температуры. Методы измерения влажности воздуха. Суточный и годовой ход влажности воздуха в Беларуси. Изменение влажности воздуха с высотой. Значение влажности воздуха для сельского хозяйства, ее влияние на появление вредителей и болезней, способы уборки зерновых. Испарение с поверхности воды и почвы. Изменение притока воды к поверхности почвы в зависимости от приемов обработки почвы. Транспирация. Влияние метеорологических факторов на испарение и транспирацию. Суточный и годовой ход испарения. Методы измерения испарения. Испаряемость. Методы регулирования испарения в сельском хозяйстве. Процессы конденсации и сублимации водяного пара в атмосфере. Ядра конденсации. Продукты конденсации и сублимации на подстилающей поверхности и их значение для сельского хозяйства. Облака, их классификация и методы наблюдений за ними. Повторяемость облачности в Беларуси.

1.1.5 Осадки. Снежный покров. Продуктивная влага

Осадки, их виды и типы. Методы измерения. Годовой ход количества и продолжительности осадков в Беларуси. Сельскохозяйственное значение осадков. Активные воздействия на процесс выпадения осадков.

Снежный покров в Беларуси. Характеристики состояния снежного покрова. Методы определения высоты, плотности снежного покрова и запасов воды в снеге. Распределение снежного покрова на полях и его влияние на перезимовку озимых и накопление влаги в почве. Снежные мелиорации. Запас продуктивной влаги. Влияние метеорологических условий на водный режим почвы. Годовой ход запасов продуктивной влаги на территории Республики Беларусь. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур и пастбищ. Регулирование водного режима почвы на сельскохозяйственных полях.

1.1.6 Ветер. Погода и ее предсказание

Ветер. Причины возникновения ветра. Методы измерения скорости и направления ветра. Суточный и годовой ход скорости ветра. Понятие об общей циркуляции атмосферы. Местные ветры. Роза ветров и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Повторяемость и сезонные изменения ветра в Беларуси. Значение ветра в сельском хозяйстве.

Понятие о погоде. Периодические и непериодические изменения погоды. Воздушные массы и их географическая классификация. Повторяемость различных типов воздушных масс в Беларуси. Фронты. Изменение погоды при прохождении фронтов. Циклоны. Антициклоны. Особенности погоды в циклонах и антициклонах. Проблема прогноза погоды. Синоптическая карта. Виды прогнозов погоды. Служба погоды в Беларуси. Всемирная служба погоды. Использование прогнозов погоды в сельскохозяйственном производстве.

1.1.7 Неблагоприятные и опасные для сельского хозяйства гидрометеорологические явления

Заморозки. Типы заморозков и условия их возникновения. Влияние заморозков на сельскохозяйственные культуры в зависимости от их вида, сорта и этапа развития. Вероятность опасных для сельского хозяйства заморозков в различных районах Беларуси. Методы прогноза заморозков на территории Беларуси и защиты сельскохозяйственных культур от них

Засухи и суховеи. Причины возникновения. Их влияние на сельскохозяйственные культуры. Типы засух. Современные меры борьбы с засухами и суховеями. Засуш-

ливые явления в Беларуси, их повторяемость и интенсивность. Атмосферные вихри (шквалы и смерчи). Град. Причины возникновения. Современные меры борьбы с градобитиями. Опасные дожди и их последствия для сельскохозяйственного производства. Водная эрозия почв в Беларуси и меры борьбы с ней. Ветровая эрозия почвы. Неблагоприятные условия перезимовки растений. Выпревание, вымокание, выдувание, выпирание озимых, повреждение плодовых растений. Явление зимней засухи, ледяная корка. Оттепели и их последствия. Районы наибольшей повторяемости этих явлений на территории Беларуси и меры защиты от них.

1.1.8 Климат и его значение для сельскохозяйственного производства

Климат. Климатообразующие факторы и их значимость на территории Беларуси. Классификация климатов. Особенности климатических зон стран СНГ. Климат Беларуси. Изменения и преобразования климата.

Методы сельскохозяйственной оценки климата. Агроклиматические показатели. Агроклиматические аналоги. Агроклиматические ресурсы Беларуси и методы их оценки. Микроклимат, фитоклимат, климат почвы. Методы создания и регулирования микроклимата в теплицах и хранилищах. Методы общего и частного агроклиматического районирования. Ознакомление со структурой и содержанием агроклиматических справочников. Использование агроклиматической информации в сельскохозяйственном производстве для обоснования размещения сельскохозяйственных культур, технологии их возделывания.

1.1.9 Агрометеорологические наблюдения. Агрометеорологические прогнозы. Агрометеорологическое обеспечение сельскохозяйственного производства

Основные методы и принципы агрометеорологических наблюдений. Организация наблюдений на сети метеорологических станций. Основные виды наблюдений в теплый и зимний периоды. Современные методы сбора и обработки данных агрометеорологических наблюдений. Применение агрометеорологических наблюдений в полевых опытах. Новые и перспективные методы метеорологических наблюдений. Спутниковая информация.

Виды агрометеорологических прогнозов. Прогноз теплообеспеченности вегетационного периода. Прогноз запасов влаги в почве к началу весенних полевых работ. Прогноз сроков наступления основных фаз развития сельскохозяйственных культур. Прогноз состояния озимых зерновых культур и многолетних трав к окончанию зимовки. Оправдываемость агрометеорологических прогнозов и их значение для сельскохозяйственного производства.

Основные задачи, виды и формы агрометеорологического обеспечения сельскохозяйственного производства. Использование агрометеорологической информации

при планировании и в оперативной практической деятельности в сельском хозяйстве. Эффективность агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.

1.2 Тематические планы лекций по дисциплине «Агрометеорология»

для студентов агроэкологического факультета
специальностей 1-74 02 05 *Агрохимия и почвоведение*,
1-74 02 03 *Защита растений и карантин*, 1-74 02 04 *Плодоовощеводство*,
1-74 02 04 *Плодоовощеводство (ССО)*

№ п.п.	Наименование тем	Количество часов
1	Введение. Атмосфера земли	2
2	Солнечная радиация и растения	2
3	Температурный режим воздуха и почвы	2
4	Водяной пар в атмосфере.	2
5	Осадки. Снежный покров. Продуктивная влага	2
6	Ветер. Погода и ее предсказание	2
7	Неблагоприятные для сельского хозяйства гидрометеорологические явления	2
8	Климат и его значение для сельскохозяйственного производства. Агрометеорологические наблюдения. Агрометеорологические прогнозы. Агрометеорологическое обеспечение сельскохозяйственного производства	2
В с е г о		16

для студентов агроэкологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

№ п.п.	Наименование тем	Количество часов
1	Введение. Атмосфера земли	2
2	Солнечная радиация и растения	2
3	Температурный режим воздуха и почвы	2
4	Водяной пар в атмосфере.	2
5	Осадки. Снежный покров. Продуктивная влага	2
6	Ветер. Погода и ее предсказание	2
7	Неблагоприятные для сельского хозяйства гидрометеорологические явления	2
8	Климат и его значение для сельскохозяйственного производства	2
9	Агрометеорологические наблюдения. Агрометеорологические прогнозы. Агрометеорологическое обеспечение сельскохозяйственного производства	2
В с е г о		18

для студентов агробиологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

№ п.п.	Наименование тем	Количе- ство часов
1	Введение. Атмосфера. Солнечная радиация и растения. Температурный режим воздуха и почвы. Водяной пар в атмосфере. Осадки. Снежный покров. Продуктивная влага .Ветер. Погода и ее предсказание	2
2	Неблагоприятные для сельского хозяйства гидрометеорологические явления. Климат и его значение для сельскохозяйственного производства Агрометеорологические наблюдения. Агрометеорологические прогнозы. Агрометеорологическое обеспечение сельскохозяйственного производства	2
В с е г о		4

1.3 КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

ЛЕКЦИЯ 1. ВВЕДЕНИЕ. АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

Рассматриваемые вопросы:

1. Введение.

2. Атмосфера земли.

1. Введение. Сельскохозяйственное производство представляет собой цех под открытым небом, поэтому климатические и погодные условия играют здесь основную роль. Несмотря на совершенствование агротехники возделывания культур влияние погодных условий на урожай остается наиболее значимым. Именно погодные условия определяют начало весенних полевых работ, сроки посева, норму высева, глубину заделки семян, сроки и методы уборки урожая и т.д. С изменением погодных условий должна изменяться и агротехника. Специалистам сельского хозяйства необходимо уметь эффективно использовать ресурсы климата и погоды для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства, бороться с опасными метеорологическими явлениями. Для этого необходимо знать физические основы явлений и процессов, происходящих в атмосфере, в связи с их влиянием на объекты и процессы сельскохозяйственного производства.

Агрометеорологическая информация помогает специалистам сельского хозяйства планировать сельскохозяйственные работы в связи со сложившимися и ожидаемыми погодными условиями, что позволяет ослабить действие неблагоприятных факторов и наиболее эффективно использовать благоприятные метеорологические условия. Будущие специалисты сельского хозяйства должны научиться правильно оценивать и учитывать метеорологические и климатические условия для целей сельскохозяйственного производства. Чтобы правильно количественно и качественно оценить сложившиеся погодные и климатические условия необходимо уметь решать практические задачи. В процессе решения задач студенты учатся не только мыслить и делать выводы, но и применять математические расчеты, анализировать полученные результаты.

2. Атмосфера земли. Атмосферой называется газовая оболочка, окружающая земной шар. Газ, составляющий эту оболочку, называется воздухом

Высота газовой оболочки Земли велика и составляет более 2000 км. Точно определить границу атмосферы трудно, так как переход от земной атмосферы к межпланетному пространству совершается плавно и на больших высотах плотность воздуха

очень мала. Можно только отметить, что в пределах околоземного пространства до высоты 20 км находится около 95% всей массы атмосферного воздуха

Атмосфера разделяется на тропосферу, стратосферу и ионосферу (Рис. 1.1). Такое разделение основано на физических свойствах этих слоев и характере их изменения с подъемом на высоту. Давление и плотность воздуха с увеличением высоты во всех трех слоях атмосферы уменьшается.

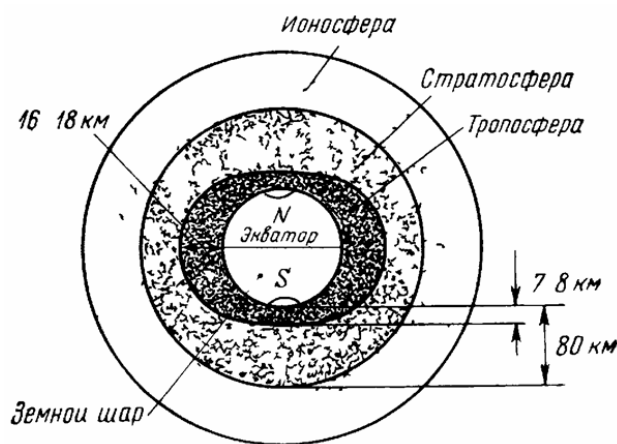


Рис. 1.1 Строение атмосферы по физическим свойствам слоев

Тропосферой называется нижний слой атмосферы. Толщина ее над полюсами 7 - 8 км, над экватором 16 - 18 км, высота верхней границы изменяется в зависимости от характера поверхности Земли, атмосферных процессов, теплового состояния воздуха, а также от суточных и годовых изменений. Температура воздуха в тропосфере с подъемом на высоту падает ($6,5^\circ$ на каждые 1000 м), так как нагрев воздуха обусловливается основным отраженными от земной поверхности солнечными лучами. Изменение температуры воздуха с высотой приводит к перемещению воздушных масс, холодные верхние слои опускаются, а теплые поднимаются. Вследствие этого образуются облака, выпадают осадки, дуют ветры. *Из-за перемещения воздушных масс состав воздуха тропосферы практически постоянен. В нем содержится 78% азота, 21% кислорода и около 1% других газов (аргон, углекислый газ, водород, неон, гелий).* Кроме указанных газов в тропосфере сосредоточен почти весь водяной пар, находящийся в непрерывном кругообороте (испарение - конденсация и кристаллизация с облакообразованием - осадки). В нижних слоях тропосферы множество различных примесей в виде мельчайших твердых частиц (пыль). Содержание в воздухе тропосферы водяного пара и пыли приводит к ухудшению видимости.

Стратосфера - слой воздуха, лежащий непосредственно над воздушными слоями тропосферы. В ней наблюдается полное отсутствие облаков и наличие сильных вет-

ров, дующих с большой скоростью и в одном направлении. Вертикальные перемещения воздушных масс отсутствуют. В стратосфере с высоты: на экваторе - 17 км, полюсе - 8 км, средней широте - 11 км и до высоты в среднем 25...30 км температура постоянна и составляет -56°C . С высоты 30 км и до 55 км температура воздуха повышается до $+75^{\circ}\text{C}$ вследствие повышенного содержания озона, который обладает способностью поглощать ультрафиолетовое излучение. С высоты 55 км и до 80 км температура воздуха понижается в среднем на 4°C на каждые 1000 м из-за уменьшения процентного содержания озона в воздухе. На высоте 82...83 км температура воздуха составляет -35°C (рис. 1.2).

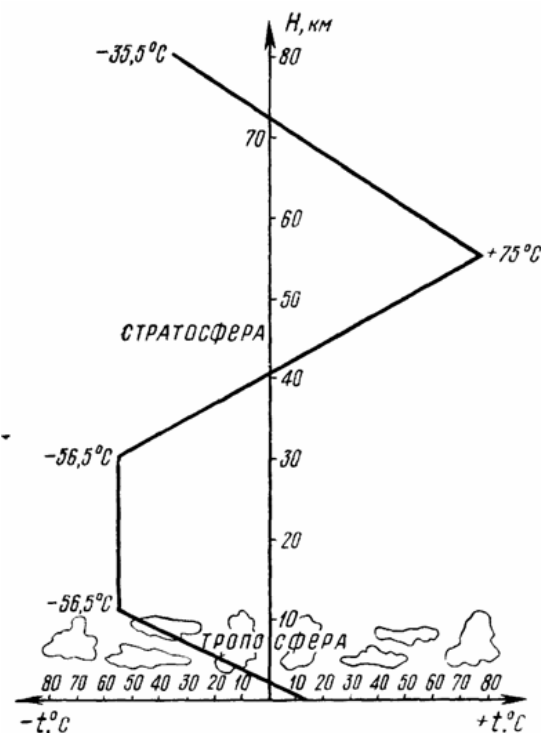


Рис. 1.2 Изменение температуры воздуха по высотам для стандартных условий средней широты

Ионосфера - слой воздуха, лежащий непосредственно над воздушным слоем стратосферы. Высоты ионосферы от 85 до 500 км. Из-за наличия в ионосфере огромного количества ионов (заряженных молекул и атомов атмосферных газов, движущихся с большими скоростями) ее воздух сильно нагревается. Воздух ионосферы также характеризуется высокой проводимостью, преломлением, отражением, поглощением и поляризацией радиоволн. В ионосфере из-за вышеуказанных свойств наблюдаются свечения ночного неба, полярные сияния, магнитные бури.

По характеру изменения температуры с высотой, атмосферу подразделяют на 5 основных слоев (Рис. 1.3):

1. *Тропосфера* – самый нижний слой атмосферы, простирается от земной поверхности до примерно 10-12 километров в умеренных широтах (на экваторе 17-18, на полюсах примерно 8 километров). Здесь содержится примерно 80% воздуха и практически весь водяной пар. В тропосфере происходят все важнейшие атмосферные процессы и явления (образование облаков, выпадение осадков, грозы и т.д.). Температура воздуха здесь медленно понижается с высотой, достигая -70°C на верхней границе.
2. *Стратосфера* – простирается до высоты 50-55 километров. Здесь находится основной озоновый слой. Ветер в стратосфере слабый, а облака образуются очень редко. Температура здесь медленно возрастает с высотой, достигая 0°C на верхней границе.
3. *Мезосфера* – до 80-90 километров. Здесь наблюдается резкое понижение температуры воздуха (до -90°C).

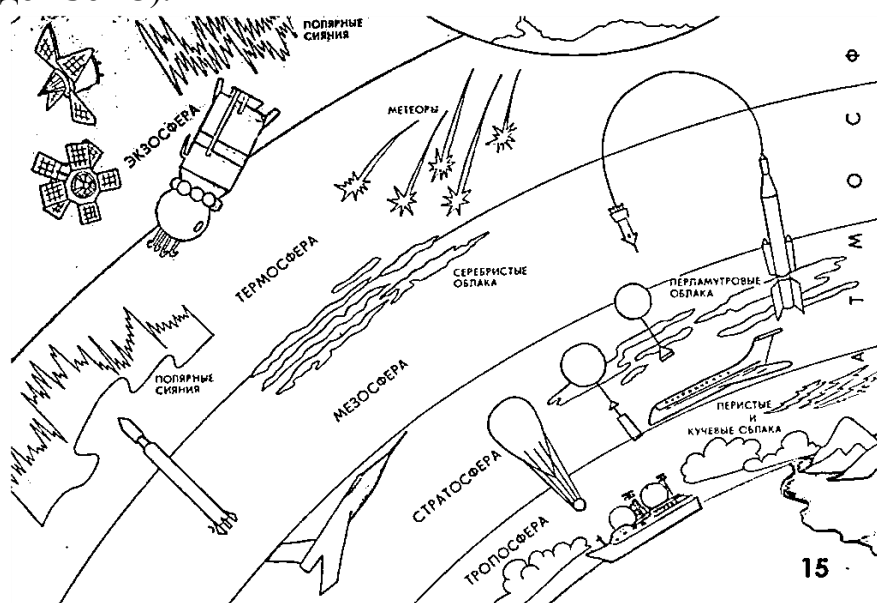


Рис. 1.3 Строение атмосферы по характеру изменения температуры с высотой

4. *Термосфера* – простирается до 800 километров. Воздух здесь очень ионизированный, поэтому ее называют также ионосферой. Температура воздуха здесь повышается до -2000°C . В термосфере возникают полярные сияния (то есть свечение ионизированного воздуха), происходят магнитные бури, сгорают метеориты.
5. *Экзосфера* – внешний слой, из которого отдельные молекулы улетучиваются в космос. Простирается до высоты примерно 2000-3000 км и постепенно переходит в межпланетное пространство.

ЛЕКЦИЯ 2. СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАСТЕНИЯ

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Виды солнечной радиации**
- 2. Радиационный и тепловой баланс земной поверхности.**
- 3. Спектральный состав солнечной радиации и его воздействие на растения.**

Виды солнечной радиации. Солнечная радиация — это сочетание ярко-жёлтого цвета Солнца и тепла, тепло проходит и сквозь облака. Солнечная радиация передаётся на Землю посредством излучения, а не методом теплопроводности.

Солнечная радиация сильно влияет на Землю только в дневное время, безусловно, когда Солнце находится над горизонтом. Также солнечная радиация очень сильна вблизи полюсов, в период полярных дней, когда Солнце даже в полночь находится над горизонтом. Однако зимой в тех же местах Солнце вообще не поднимается над горизонтом, и поэтому не влияет на регион. Солнечная радиация не блокируется облаками, и поэтому всё равно поступает на Землю (при непосредственном нахождении Солнца над горизонтом).

Все виды солнечных лучей достигают земной поверхности тремя путями - в виде прямой, отраженной и рассеянной солнечной радиации (рис. 2.1).

Прямая солнечная радиация - это лучи, идущие непосредственно от солнца. Её интенсивность (эффективность) зависит от высоты стояния солнца над горизонтом: максимум наблюдается в полдень, а минимум - утром и вечером; от времени года: максимум - летом, минимум - зимой; от высоты местности над уровнем моря (в горах выше, чем на равнине); от состояния атмосферы (загрязнённость воздуха уменьшает её). От высоты стояния солнца над горизонтом зависит и спектр солнечной радиации (чем ниже стоит солнце над горизонтом, тем меньше ультрафиолетовых лучей).

Отраженная солнечная радиация - это лучи солнца, отраженные земной или водной поверхностью. Она выражается процентным отношением отраженных лучей к их суммарному потоку и называется альбедо. Величина альбедо зависит от характера отражающих поверхностей. При организации и проведении солнечных ванн необходимо знать и учитывать альбедо поверхностей, на которых проводятся солнечные ванны. Некоторые из них характеризуются избирательной отражающей способностью. Снег полностью отражает инфракрасные лучи, а ультрафиолетовые - в меньшей степени.

Рассеянная солнечная радиация образуется в результате рассеивания солнечных лучей в атмосфере. Молекулы воздуха и взвешенные в нем частицы (мельчайшие капельки воды, кристаллики льда и т. п.), называемые аэрозолями, отражают часть лучей. В результате многократных отражений часть их все же достигает земной поверхности; это рассеянные солнечные лучи. Рассеиваются в основном ультрафиолетовые, фиолетовые и голубые лучи, что и определяет голубой цвет неба в ясную погоду. Удельный вес рассеянных лучей велик в высоких широтах (в северных районах). Там солнце стоит низко над горизонтом, и потому путь лучей к земной поверхности длиннее. На длинном пути лучи встречают больше препятствий и в большей степени рассеиваются.



Рис.2.1. Виды солнечной радиации

Суммарная солнечная радиация - вся прямая и рассеянная солнечная радиация, поступающая на земную поверхность. Суммарная солнечная радиация характеризуется интенсивностью. При безоблачном небе суммарная солнечная радиация имеет максимальное значение около полудня, а в течение года - летом.

2. Радиационный и тепловой баланс. Радиационный баланс земной поверхности - разность между суммарной солнечной радиацией, поглощенной земной поверхностью, и ее эффективным излучением. Для земной поверхности

- приходная часть есть поглощенная прямая и рассеянная солнечная радиация, а также поглощенное встречное излучение атмосферы;

- расходная часть состоит из потери тепла за счет собственного излучения земной поверхности.

Радиационный баланс может быть положительным (днем, летом) и отрицательным (ночью, зимой); измеряется в кВт/кв.м/мин.

Радиационный баланс земной поверхности - важнейший компонент теплового баланса земной поверхности; один из основных климатообразующих факторов.

Тепловой баланс земной поверхности - алгебраическая сумма всех видов прихода и расхода тепла на поверхность суши и океана. Характер теплового баланса и его энергетический уровень определяют особенности и интенсивность большинства экзогенных процессов. Основными составляющими теплового баланса океана являются:

- радиационный баланс;
- затрата тепла на испарение;
- турбулентный теплообмен между поверхностью океана и атмосферой;
- вертикальный турбулентный теплообмен поверхности океана с нижележащими слоями; и
- горизонтальная океаническая адвекция.

3. Спектральный состав солнечной радиации и ее воздействие на растения.

Солнце, как источник излучения, обладает многообразием испускаемых волн. Потoki лучистой энергии по длине волн условно делят на коротковолновую ($X < 4$ мкм) и длинноволновую ($A > 4$ мкм) радиацию. Спектр солнечной радиации на границе земной атмосферы практически заключается между длинами волн 0,17 и 4 мкм, а земного и атмосферного излучения — от 4 до 120 мкм. Следовательно, потоки солнечного излучения (S , D , RK) относятся к коротковолновой радиации, а излучение Земли (ϵ_3) и атмосферы (E_a) — к длинноволновой.

Спектр солнечной радиации можно разделить на три качественно различные части: ультрафиолетовую ($Y < 0,40$ мкм), видимую ($0,40 \text{ мкм} < Y < 0,75$ мкм) и инфракрасную ($0,76 \text{ мкм} < Y < 4$ мкм). До ультрафиолетовой части спектра солнечной радиации лежит рентгеновское излучение, а за инфра-красной — радиоизлучение Солнца. На верхней границе атмосферы на ультрафиолетовую часть спектра приходится около 7 % энергии солнечного излучения, 46 — на видимую и 47 % — на инфракрасную.

Радиацию, излучаемую Землей и атмосферой, называют дальней инфракрасной радиацией.

Биологическое действие разных видов радиации на растения различно. Ультрафиолетовая радиация замедляет ростовые процессы, но ускоряет прохождение этапов формирования репродуктивных органов у растений.

Значение инфракрасной радиации, которая активно поглощается водой листьев и стеблей растений, состоит в ее тепловом эффекте, что существенно влияет на рост и развитие растений.

Дальняя инфракрасная радиация производит лишь тепловое действие на растения. Ее влияние на рост и развитие растений несущественно.

Видимая часть солнечного спектра, во-первых, создает освещенность. Во-вторых, с областью видимой радиации почти совпадает (захватывая частично область ультрафиолетовой радиации) так называемая физиологическая радиация ($\lambda = 0,35 \dots 0,75$ мкм), которая поглощается пигментами листа. Ее энергия имеет важное регуляторно-энергетическое значение в жизни растений. В пределах этого участка спектра выделяется область фотосинтетически активной радиации.



2.2 Спектральный состав солнечной радиации.

Все процессы на поверхности земного шара, каковы бы они ни были, имеют своим источником солнечную энергию. Во всех этих процессах происходит только одно из превращений той начальной энергии, которую посылает на Землю в виде своих лучей это центральное светило нашей планетной системы. В сравнении с этим основным источником энергии, потребляемой земным шаром, другие ее источники: излучение звезд, собственная теплота Земли, различные космические процессы, все они величины бесконечно малые. Поэтому вопрос о количестве энергии, проникающей на земную поверхность от Солнца, есть основной вопрос всей физики земного шара, метеорологии, как изучение и подсчет прихода и расхода, актива и пассива энергии, получаемой Землей от Солнца.

Основным элементом, определяющим интенсивность радиации на земной поверхности для любого пункта, будет высота Солнца над горизонтом; ею определится

не только напряжение лучей в данный момент, но и вся сумма энергии, полученная единицей земной поверхности за определенный промежуток времени, может быть вычислена по высотам Солнца. Соответственно изменению высоты Солнца над горизонтом в течение суток, суточный ход *С-радиации* будет весьма прост. От момента восхода Солнца радиация быстро возрастает с поднятием светила над горизонтом; затем, достигнув довольно значительной величины, она начинает меняться более медленно, пока около полудня не достигнет максимума. После полудня *С-радиация* снижается сначала медленно, затем ближе к закату Солнца весьма быстро.

Годовой ход *С-радиации* для одного и того же места определяется не только полуденными высотами Солнца и продолжительностью дня, изменяющимися в зависимости от времени года, но еще и расстоянием Земли от Солнца.

Расстояние Земли от Солнца в перигелии и афелии не одинаковы, то в годовом ходе радиации здесь будут два минимума неодинаковой величины в солнцестояния и два максимума в равноденствия.

ЛЕКЦИЯ 3. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

Рассматриваемые вопросы:

1. *Процессы нагревания и охлаждения воздуха.*
2. *Изменение температуры воздуха с высотой.*
3. *Суточный и годовой ход температуры воздуха*
4. *Характеристики температурного режима воздуха*
5. *Теплофизические характеристики почвы*
6. *Суточный и годовой ход температуры почвы.*
7. *Замерзание и оттаивание почвы.*
8. *Оптимизация температурного режима почвы.*

1. Процессы нагревания и охлаждения воздуха. Нижние слои атмосферы плохо поглощают солнечную радиацию, поэтому воздух нагревается, главным образом, за счет тепла земной поверхности.

День: $t^{\circ}\text{C суши} > t^{\circ}\text{C воздуха} > t^{\circ}\text{C воды}$

Ночь: $t^{\circ}\text{C воды} > t^{\circ}\text{C воздуха} > t^{\circ}\text{C суши}$

Распределение температуры в атмосфере определяется главным образом ее теплообменом с земной поверхностью и поглощением солнечной радиации. Нижние слои атмосферы поглощают радиацию значительно слабее, чем верхние. Основным источником нагревания тропосферы, особенно ее нижних слоев, является тепло деятельной поверхности Земли.

Перенос тепла между деятельной поверхностью и атмосферной и перенос его в атмосфере осуществляют следующие процессы.

Тепловая конвекция – перенос объемов воздуха по вертикали, возникающий, при неравномерном нагревании различных участков поверхности. Над более прогретыми участками воздух становится теплее, а потому он легче окружающего и поднимается вверх. Над сушей тепловая конвекция возникает днем, а над морем – ночью и в холодное время года, когда водная поверхность теплее прилегающих слоев атмосферы.

Турбулентность – вихревое хаотическое движение небольших объемов воздуха в общем потоке ветра. Возникает потому, что отдельные объемы воздуха имеют различную скорость движения в общем потоке ветра. Следствием турбулентности является интенсивное перемешивание воздуха.

Радиационная теплопроводность – перенос тепла потоками длинноволновой радиации от земной поверхности в атмосферу или в обратном направлении.

Конденсация (сублимация) водяного пара, поступающего с земной поверхности в атмосферу. При конденсации выделяется тепло, нагревающее воздух, особенно более высокие слои атмосферы, в которых образуются облака.

Из перечисленных процессов теплообмена основное значение имеют турбулентный теплообмен и тепловая конвекция. Но температура воздуха в данном месте может изменяться еще и в результате адвекции, то есть передвижения воздушных масс в горизонтальном направлении. Если происходит вторжение воздушных масс, имеющих более высокую температуру, чем воздух, ранее находившийся в данном месте, то происходит адвекция тепла, если же вторгаются более холодные массы – адвекция холода.

2. Изменение температуры воздуха с высотой. Изменение температуры воздуха на сто метров высоты, называется **вертикальным градиентом температуры (ВГТ)**.

$$\Delta t = \frac{t_i - t_a}{h_a - h_i} \cdot 100 \quad (3.1)$$

где $t_i - t_a$ – разность температуры воздуха на нижнем и верхнем уровнях ($^{\circ}\text{C}$).

$h_a - h_i$ – разность высот двух уровней (м).

2.1. Если температура на верхнем уровне меньше температуры на нижнем уровне, то температура с высотой уменьшается и **ВГТ положительный**. Это нормальное состояние тропосферы. (тропосфера – это самый нижний слой атмосферы до высоты равной 10-12 км от земной поверхности в средних широтах).

2.2. Если температура на верхнем уровне равна температуре на нижнем уровне, то **ВГТ** равен $0^{\circ}\text{C} / 100\text{м}$, т.е температура с высотой не изменяется. Такое состояние называется **изотермия**.

2.3. Если температура на верхнем уровне больше чем температура на нижнем уровне, то температура с высотой повышается. Такое состояние называется **температурная инверсия**. **ВГТ** при этом **отрицательный**.

Среднее значение ВГТ тропосферы приблизительно $0,6^{\circ}\text{C} / 100\text{м}$

3. Суточный и годовой ход температуры воздуха. В суточном ходе температуры воздуха (на высоте 2м) – максимум 14-15 часов местного времени; минимум – перед восходом солнца.

В годовом ходе температуры воздуха в наших широтах максимум наблюдается в июле, минимум в январе.

Амплитуда годового хода температуры воздуха зависит, главным образом, от географической широты места (от экватора к полюсам она увеличивается), а также от расстояния местности до моря (чем ближе к морю, тем меньше амплитуда даже на одинаковой широте).

Чем больше амплитуда годового хода температуры воздуха, тем континентальнее климат.

4. Характеристики температурного режима воздуха

4.1. Средние температуры:

а) средняя суточная температура – это среднее арифметическое из температур, измеренных во все сроки наблюдения в течении суток (это восемь измерений).

б) средняя месячная температура – это средняя арифметическая из средних суточных температур за весь месяц.

в) средняя годовая температура – это средняя арифметическая из средних месячных температур за весь год. Но она не может полностью охарактеризовать климат

Пример: в Ирландии и Колмыкии она $+10^{\circ}\text{C}$, но в Ирландии средняя температура января $+7^{\circ}\text{C}$, а в Колмыкии -6°C . Средняя температура июля в Ирландии $+15^{\circ}\text{C}$, а в Колмыкии $+24^{\circ}\text{C}$. Поэтому чаще всего используют средние температуры января и июля, как самого холодного и теплого месяцев.

4.2. Максимальные и минимальные температуры:

а) простая максимальная и минимальная температуры – это максимальная или минимальная температура за весь период измерения (сутки, месяц, год и т.д.)

б) абсолютные максимальные и минимальные температуры – это самая низкая или высокая температура, наблюдаемая за многолетний период в данный день, месяц или год.

4.3. Суммы температур

Это показатель, условно характеризующий количество тепла в данной местности за определенный период.

а) сумма **активных** температур – это сумма средних суточных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$.

б) сумма **эффективных** температур – это сумма средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума данной культуры.

Биологический минимум – это минимальная среднесуточная температура, при которой способны развиваться растения данной культуры.

Пример: у яровой пшеницы $+5^{\circ}\text{C}$; огурцов $+10^{\circ}\text{C}$.

Скорость развития растений возрастает при увеличении температуры от биологического минимума до приблизительно $+20^{\circ}\text{C}$, а при дальнейшем повышении тем-

пературы развитие большинства культур умеренного климата не только не ускоряется, но может замедляться.

Таблица Пример расчета сумм температур, °С.

Температура	Дата				
	12 июня	13 июня	14 июня	15 июня	сумма t °С.
Средняя суточная	+14	+6	+8	+12	+40
Активная	+14	0	0	+12	+26
Эффективная (>+5 °С)	+9	+1	+3	+7	+20

Температуры, не ускоряющие развитие растений, называются **балластные**.

Балластные температуры часто входят в состав эффективных температур, что необходимо учитывать при оценке агроклиматических условий территории, особенно в южных районах.

5. Теплофизические характеристики почвы. Температурный режим почвы зависит от ее теплофизических характеристик:

5.1 Теплоемкость почвы:

- *объемная;*
- *удельная.*

Объемная теплоемкость ($C_{об}$) – это количество тепла необходимое для того, чтобы нагреть 1 м³ почвы на 1 °С [Дж/м³·°С].

Удельная теплоемкость ($C_{уд}$) – это количество тепла необходимое для нагрева одного кг почвы на 1 °С [Дж/м³·°С].

Объемная теплоемкость связана с удельной теплоемкостью следующей зависимостью:

$$C_{об} = C_{уд} \cdot d, \quad (3.2)$$

где d – плотность почвы, кг/м³

5.2. Теплопроводность почвы (K) – это способность почвы передавать тепло от слоя к слою [м²/с], $K = 0,1 \dots 0,2$ м²/с.

Наиболее высокая теплопроводность у минеральной части почвы (песок, глина), меньше почвенной воды и минимальная у почвенного воздуха.

$$K = \lambda / C_{об} , \quad (3.3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности [Дж/с·м·°C].

Коэффициент теплопроводности характеризует скорость распространения тепла в почве.

Теплофизические характеристики почвы зависят от ее влажности. С увеличением влажности почвы теплоемкость постоянно растет.

Кроме того, температурный режим почвы зависит от:

- а. Цвета почв (темные лучше нагреваются).
- б. Плотности почв (плотные имеют большую теплоемкость и теплопроводность, чем рыхлые).
- в. Полив и осадки увеличивают затраты тепла на испарение и, таким образом, охлаждают почву.

6. Суточный и годовой ход температуры почвы. Изменение температуры почвы в течении суток называется *суточным ходом температуры почвы*.

Максимальная температуры почвы в течении суток наблюдается, примерно, в 13 часов местного времени; минимальное – перед восходом солнца.

Изменение температуры почвы в течении года называется *годовым ходом температуры почвы*.

Максимум – в июле, минимум – в январе, феврале.

Разница между максимальным и минимальным значением в суточном или годовом ходе называется *амплитудой хода температуры и почвы*.

7. Замерзание и оттаивание почвы. Почва содержит различные соли, поэтому замерзает не при 0°C, а при –0,5...–1,5 °C.

Промерзание начинается с верхних слоев, и в течении зимы продвигается в глубь почвы.

Глубина промерзания почвы зависит от:

- а. Суровости и продолжительности зимы.
- б. Высоты снежного покрова.
- в. Наличия и отсутствия растительного покрова.
- г. Влажности почвы (сухие промерзают глубже).

8. Оптимизация температурного режима почвы. а). Использование теплоизоляционных и укрывных материалов (полиэтилен, стеклянные рамы и т.д.).

- б). Изменение альбедо почвы путем мульчирования (покрывают торфом, каменно-угольной пылью, известью).
- в). Увлажнение или осушение почвы (изменяется расход тепла на испарение).

ЛЕКЦИЯ 4. ВОДЯНОЙ ПАР В АТМОСФЕРЕ.

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Характеристики влажности воздуха.**
- 2. Испарение. Испаряемость. Конденсация. Сублимация**
- 3. Продукты конденсации и сублимации водяного пара на земной поверхности**
- 4. Продукты конденсации и сублимации водяного пара в свободной атмосфере.**

1. Характеристики влажности воздуха. **Влажность воздуха** – содержание водяного пара в атмосфере. Водяной пар непрерывно поступает в атмосферу вследствие испарения с поверхности водоемов, почвы, снега, льда и растительного покрова.

Для оценки влажности воздуха на практике используют абсолютную влажность, парциальное давление водяного пара, относительную влажность, дефицит насыщения, точку росы.

Абсолютная влажность a – масса водяного пара, содержащаяся в единице объема воздуха. Выражается она в килограммах на кубический метр или граммах на кубический метр.

Парциальное давление водяного пара e – давление, которое имел бы водяной пар, содержащийся в газовой смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при той же температуре. Парциальное давление водяного пара выражается в гекто-паскалях (гПа): $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм рт.ст.}$

Между абсолютной влажностью A и парциальным давлением водяного пара e существует зависимость

$$a = \frac{0,86e}{1 + \alpha t}, \quad (4.1)$$

где α – коэффициент объемного расширения газа ($1/273$).

Парциальное давление водяного пара может возрастать до определенного предела, который соответствует парциальному давлению водяного пара, находящегося в равновесии с плоской поверхностью воды, и называется **давлением насыщенного водяного пара E** .

Относительная влажность f – отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного водяного пара при одних и тех же значениях давле-

ния и температуры, выраженное в процентах. Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром при данной температуре:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100, \quad (4.2)$$

Дефицит насыщения d – разность между давлением насыщенного водяного пара и парциальным давлением водяного пара при одних и тех же значениях давления и температуры:

$$d = E - e, \quad (4.3)$$

Точка росы t_d – температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, при неизменном давлении достигает насыщения относительно плоской поверхности чистой воды или льда ($e=E$).

Чем меньше водяного пара содержится в воздухе, тем ниже температура точки росы и наоборот.

2. Испарение. Испаряемость. Конденсация. Сублимация.

Испарение – переход вещества из жидкого состояния в газообразное. Количество испарения характеризуется **скоростью испарения** – это масса воды, испаряющаяся с единицы поверхности в единицу времени (г/см^2).

Скорость испарения можно вычислить по следующей формуле:

$$W = \frac{A(E_1 - e)}{P}, \quad (4.4)$$

где $(E_1 - e)$ — дефицит насыщения, взятый по температуре испаряющей поверхности;

P – атмосферное давление;

A – коэффициент, зависящий от скорости ветра ($= 0,0008$).

Таким образом, скорость испарения зависит:

1. *От температуры испаряющей поверхности* (чем выше температура, тем больше скорость).
2. *От дефицита насыщения* (чем суше воздух, тем больше скорость).
3. *От скорости ветра* (ветер уносит влажный воздух, заменяя его на сухой и таким образом увеличивает скорость испарения).
4. *От атмосферного давления* (давление атмосферы затрудняет отрыв молекул воды от испаряющей поверхности, в результате скорость испарения уменьшается).

Испаряемость – теоретически возможное испарение с увлажненной поверхности при данных метеорологических условиях.

Испаряемость может быть равна испарению, но на большей части планеты она выше, чем реальное испарение.

Например: В пустыне испарение примерно в 25 раз меньше испаряемости, т. к. осадков выпадает менее 100 мм/год, а испаряемость более 2.500мм.

Увлажнение территории можно охарактеризовать с помощью коэффициента увлажнения.

$$K_{\text{о\u0430\u044d}} = \frac{R}{I}, \quad (4.5)$$

где R – количество осадков за год (мм);

I – испаряемость за год (мм).

Если K больше 1 – увлажнение территории *избыточное* (то есть осадков выпадает больше, чем может испариться в данных условиях).

Если $K = 1$ – увлажнение *нормальное*. Если K меньше 1, но больше 0,3 – *недостаточное*. Если $\leq 0,3$ – *скудное*. Чем меньше $K_{\text{о\u0430\u044d}}$ тем засушливее климат.

Конденсация – переход вещества из газообразного состояния в жидкое. Для конденсации водяного пара в атмосфере необходимо два условия:

1. *Охлаждение воздуха до температуры ниже точки росы* – охлаждение воздуха до точки росы делает его насыщенным, а при дальнейшем понижении температуры воздуха, водяной пар, содержащийся в нем, становится перенасыщенным и излишки пара, превышающие предел насыщения, конденсируются.

2. *Наличие ядер конденсации в атмосфере* – ядра конденсации – это аэрозольные частицы, находящиеся в атмосфере, на поверхности которых происходит адсорбция молекул водяного пара и в результате образуются капли воды.

Без ядер конденсации капли воды образуются только при большом перенасыщении воздуха водяным паром (более 400%), что в природе практически никогда не происходит.

Сублимация – переход водяного пара из газообразного состояния в твердое, минуя жидкую фазу. Она происходит при температуре ниже 0 °С.

3. Продукты конденсации и сублимации водяного пара на земной поверхности. Воздух соприкасается с земной поверхностью. И в зависимости от ее температуры, а также от температуры и влажности воздуха может происходить конденсация или сублимация водяного пара, и образуются следующие продукты:

а. **Роса** – мелкие капли воды, образующиеся на поверхности почвы, камнях, растениях при температуре выше 0 °С. Ночью земная поверхность охлаждается вследствие теплового излучения земли, а от земной поверхности охлаждается и нижний слой воздуха. Если температура воздуха опустится ниже точки росы, произойдет конденсация водяного пара и в результате выпадет роса. Утром роса быстро испаряется.

б. Иней – мелкие кристаллы льда, образующиеся на горизонтальных поверхностях (почве, наземных предметах) в результате тех же причин, что и роса, но при температуре ниже 0 °С (то есть путем сублимации). *Образования инея чаще всего происходит осенью и весной.*

в. Изморозь – существуют 2 вида – **зернистая** (это рыхлый снеговидный осадок, нарастающий на ветвях деревьев, проводах, заборах и на других вертикальных и горизонтальных поверхностях, при наличии тумана и температуре 2; -7 °С) и **кристаллическая** (пушистый слой кристаллов льда, образующийся на тех же поверхностях, но при температуре ниже -15 °С). *Изморозь образуется также путем сублимации, но только зимой.*

г. Гололед – слой гладкого льда, образующийся на земной поверхности, стволах деревьев, проводах вследствие намерзания на них очень переохлажденных капель дождя или тумана (в атмосфере переохлажденные капли могут находиться при температуре даже до -20 °С, но при соприкосновении с холодной поверхностью они тут же намерзают на нее). ***Не путать с гололедицей!***

4.Продукты конденсации и сублимации водяного пара в свободной атмосфере.

а. Туман – мельчайшие капли воды и кристаллики льда, взвешенные в атмосфере. Причина возникновения – конденсация или сублимация водяного пара в самом нижнем слое воздуха, в результате его охлаждения (капли тумана отличаются от росы малыми размерами), при тумане видимость менее 1 км .

б. если видимость больше 1 км, но меньше 10 км – это дымка.

в. Облака – продукты конденсации и сублимации водяного пара, взвешенные в свободной атмосфере, на расстоянии 0,5 км и более от земной поверхности.

*По составу облака бывают: **водяные** (состоят из капель воды), **Ледяные** (из кристаллов льда), **смешанные** (из переохлажденных капель и снежных кристаллов).*

ЛЕКЦИЯ 5. ОСАДКИ. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ. ПРОДУКТИВНАЯ ВЛАГА

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Виды осадков.**
- 2. Снежный покров и его характеристики.**
- 3. Значение снежного покрова для сельского хозяйства.**
- 4. Продуктивная влага. Влажность устойчивого завядания.**
- 5. Влагоемкость почв. Водный баланс поля.**

1. Виды осадков:

а. Твердые: снег, снежная и ледяная крупа, ледяной дождь, град, снежные зерна.

Снежная крупа – округлые, овальные частички снежной структуры (диаметром от 1 до 15 мм), отскакивают при ударе о земную поверхность.

Снежные зерна – мелкие снежные крупинки (диаметром от 1 мм и меньше).

Ледяная крупа – твердые частички, диаметром не более 5 мм, образуются из снежной крупы в результате растекания и замерзания на поверхности крупинки капель воды (при этом формируется ледяная оболочка на снежном ядре).

Ледяной дождь – ледяные шарики, образующиеся при замерзании капель дождя в воздухе.

Снежинки – это 6-ти гранные ледяные кристаллы с образовавшимися в ходе сублимации лучами.

б. Жидкие: дождь.

Жидкие осадки можно подразделить **по интенсивности** на:

1. **Ливневые** – выпадают из кучево-дождевых облаков непродолжительное время и на небольшой площади, часто проходят полосами. Диаметр капель до 5 – 7 мм.

2. **Обложные** – выпадают из слоисто дождевых облаков в течении длительного времени и охватывают обширные территории, интенсивность осадков невелика (диаметр капель от 0,5 до 2 мм).

3. **Морось** – выпадает из слоистых облаков, размеры капель менее 0,5 мм в диаметре. Не оставляет кругов на водной поверхности (интенсивность очень мала).

в. **Смешанные:** мокрый снег (тающий снег при $t^0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

2. Снежный покров и его характеристики. Снежный покров обладает очень малой теплопроводностью, благодаря содержанию воздуха между снежными кристаллами, поэтому он предохраняет почву от сильного выхолаживания, а растения от вымерзания. Снежный покров считается устойчивым, если он сохранился более 3-х недель.

К характеристикам снежного покрова относятся:

1. **Высота снежного покрова** – зависит от количества выпавшего снега и его плотности.

2. **Плотность снежного покрова** – это отношение массы снега к его объему. Колеблется от 0,01 (свежевыпавший снег) до 0,6 г/см куб. – плотный слежавшийся снег (весной).

3. **Характер залегания** – зависит от рельефа местности. Может быть *равномерный, неравномерный и очень неравномерный*. Кроме того на метеостанциях определяют *степень покрытия снегом окрестностей* по 10 бальной системе.

3. Значение снежного покрова для сельского хозяйства.

Снежный покров для сельского хозяйства – это запас воды для сельскохозяйственных растений, а также защита от вымерзания озимых, многолетних трав и плодово-ягодных культур.

С целью создания оптимальных условий для зимующих растений, высоту снежного покрова регулируют с помощью снежных мелиораций:

а. В районах, где снежный покров невысокий (менее 30 см), обычно используют приемы снегозадержания:

1. Насаживание полевых защитных лесополос (уменьшают скорость ветра, меньше сдувается снег с полей).

2. Установка снегозадерживающих щитов (перпендикулярно господствующему направлению ветра), в результате меньше сдувается с полей.

3. Посев высокостебельных растений с последующим оставлением стерни на зиму и др.

б. Если снежный покров очень мощный и существует опасность выпревания озимых, *снег уплотняют*. При этом его теплопроводность увеличивается, в результате снижается температура почвы.

в. В северных районах с коротким вегетационным периодом целесообразно использовать прием снегосгонки, когда уменьшают альбедо снежного покрова, путем зачернения его угольной пылью, торфяной крошкой. В результате снег тает быстрее (в среднем на 10 – 15 дней).

4. Продуктивная влага. Вода необходима для растений и получают они ее в основном из почвы. Поэтому агрометеорология изучает влажность почвы, закономерности ее формирования и изменения во времени и пространстве в различных зонах.

Вода связывается почвой с разной степенью прочности, поэтому запасы влаги в разных почвах могут различаться при одинаковой их влажности. При снижении количества воды в почве до определенного предела, растение начинает завядать. Влажность почвы, при которой тургор (набухание или вздутие) растений не восстанавливается, называется *влажностью устойчивого завядания*. Эта величина практически не зависит от особенностей растений и определяется свойствами почв. Чем мельче частицы почвы, чем больше капиллярных пор и органического вещества, тем больше в почве прочносвязанной воды, недоступной для растений и выше значения влажности завядания. Например, устойчивое завядание наступает при влажности: песка - до 1,5%, суглинка - до 12%, глины - до 20%, торфа - до 50%.

Используемая растениями влага называется продуктивной ($W_{\text{прод}}$) – это количество воды, содержащееся в почве сверх влажности устойчивого завядания ($W_{\text{завяд}}$) Запасы продуктивной влаги выражаются высотой слоя воды в миллиметрах. Для расчета запасов ее используют формулу:

$$W_{\text{прод}} = 0,1dH (W_{\text{факт}} - W_{\text{завяд}}), \quad (5.1)$$

где: 0,1 – коэффициент для перевода количества воды в мм слоя; d - объемная масса почвы, г/см³;

H – толщина слоя почвы, для которого производится расчет, см,

$W_{\text{факт}}$ – влажность почвы во время определения, % от массы почвы;

$W_{\text{завяд}}$ – влажность устойчивого завядания, %.

В агрометеорологии запасы воды на полях дают в мм слоя продуктивной влаги и определяют на постах для каждых 10 см профиля почв до глубины 1 м.

5. Влагоемкость почв. Водный баланс поля. Кроме влажности завядания определяют различную *влагоемкость почв*: **полную, капиллярную и наименьшую.**

Полная влагоемкость определяется при заполнении водой всех пор в почве.

Капиллярная - при заполнении только пор-капилляров, размером менее 1 мм, при подъеме грунтовых вод от уровня их залегания.

Наименьшая влагоемкость - это такое количество воды, которое может удерживать почва, исключая гравитационную воду (ранее называлась как предельная полевая влагоемкость). До этого состояния увлажняется почва при орошении.

Водный баланс поля. Количество воды, получаемое растениями, определяется многими факторами, которые обуславливают ее *расход, приход и перераспределение*.

Основным элементом прихода, при отсутствии орошения или осушения, являются: осадки, приток в почву от грунтовых вод, приток поверхностных вод, внутрипочвенный приток, конденсация водяного пара в почве из воздуха атмосферы. Расходуется вода на: испарение растениями (транспирацию) и - с поверхности почвы, которые часто учитываются как суммарное водопотребление, отток за пределы корнеобитаемого слоя, поверхностный сток, внутрипочвенный сток.

ЛЕКЦИЯ 6. ВЕТЕР. ПОГОДА И ЕЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Ветер. Причины возникновения ветра.**
- 2. Воздушные массы. Географическая классификация воздушных масс. Фронты.**
- 3. Погода и ее предсказание.**

1. Ветер. Причины возникновения ветра. В атмосфере постоянно происходит движение воздушных масс. Движение воздушных масс приводит к возникновению ветра, формированию циклонов и антициклонов. Циклоны и антициклоны приносят в Беларусь различную погоду, которая влияет на рост и развитие растений. На ежедневную жизнь людей и их хозяйственную деятельность, а также на жизнь растительного и животного мира огромное влияние оказывают погодные условия. Они могут быть благоприятными, а могут создавать угрозу жизни и здоровью людей, наносить ущерб, вызывать разрушения. К таким метеорологическим явлениям, характерным для Республики Беларусь, относятся заморозки, засухи, сильные ливни, шквалы, град и др.

Горизонтальное перемещение воздуха относительно земли называется ветром. Причиной возникновения ветра является неравномерное распределение атмосферного давления в горизонтальном направлении. Для наглядного представления о распределении атмосферного давления на земном шаре, на географических картах проводят линии, соединяющие точки с одинаковым давлением. Эти линии называются изобарами. Карты изобар показывают распределение давления на уровне моря.

Воздух перемещается из области высокого давления в область пониженного давления. Скорость перемещения ветра зависит от величины барического градиента. Барический градиент – это вектор, характеризующий степень изменения атмосферного давления в пространстве. Горизонтальный барический градиент направлен по нормали к изобаре в горизонтальной плоскости, в сторону убывания давления. Горизонтальный барический градиент практически определяется падением давления в

миллибарах на расстоянии, равном 1^0 меридиана, т.е. около 111 км (иногда берут 100 км).

Чем больше барический градиент, тем больше скорость ветра. Однако движение воздуха не совершается в направлении градиента. Вследствие действия силы вращения Земли вокруг своей оси ветры отклоняются вправо в северном полушарии и влево в южном полушарии.

Кроме того, на движение воздуха оказывает влияние сила трения, действующая со стороны земной поверхности. Трение оказывает влияние, как на величину, так и на направление ветра.

Существуют ветры, возникающие под влиянием физико-географических факторов. К таким ветрам относятся муссоны, бризы и горно-долинные ветры.

Муссонами называются сезонные ветры, дующие летом с океана на сушу, зимой - с суши на океан. Они возникают в результате различия в нагревании и охлаждении материков и океанов в течение года. Температурные различия создают различия в распределении давления воздуха над сушей и океанами.

Бризами называются ветры в прибрежной полосе. Они возникают так же, как и муссоны, в результате неодинакового нагревания суши и водной поверхности и имеют суточную периодичность.

Дневной бриз (морской) дует с моря на нагретое побережье (рис.6.1), **ночной (береговой)** – с охлажденного побережья на море (рис.6.2). Дневной бриз проникает вглубь материка на 30-40 км. Скорость бриза 4-7 м/с. Встречный поток наблюдается на высоте 200-300 м, он образует с бризами замкнутую циркуляцию. Слабые бризы могут возникнуть в хорошую погоду летом на берегах рек, озер.



Рис.6.1



Рис.6.2

Слабая циркуляция воздуха, подобная бризам, создается также в поле, если рядом имеется лес.

Горно-долинные ветры представляют собой местную циркуляцию воздуха между горным хребтом и долиной. днем ветер дует из долины (долинный) вверх по горным склонам, ночью - с гор (горный) в долины. К горно-долинным ветрам относятся также ветры склонов, дующие днем вверх по нагретому склону, а ночью - вниз по охлажденному склону.

В Республике Беларусь в течение всего года преобладают ветры западного направления, причем летом – северо-западные, зимой – юго-западные, осенью – западные, весной – юго-восточные. Скорость ветра в среднем составляет 3-4 м/с.

Энергия ветра широко используется в народном хозяйстве для размола зерновых культур, водоснабжения, орошения, осушения, приведения в движение различных генераторов и т.д. Ветер имеет положительное значение для опыления растений, он переносит пыльцу на большие расстояния, а также плоды и семена растений, способствуя этим их распространению.

Следует отметить и отрицательное действие ветра. Он усиливает испарение с поверхности почвы и листьев растений, иссушая их. Сильный ветер вызывает полегание хлебов, усложняет работу уборочных машин. Большой вред причиняет ветер, перенося семена сорняков, а также содействуя распространению вредителей сельскохозяйственных растений. Сильные ветры, срывая частицы почвы в степной и пустынной зонах, приводят к образованию пыльных бурь. Ветер выдувает почву, обнажая корни растений, что вызывает их гибель.

2. Воздушные массы. Географическая классификация воздушных масс. Фронты. Воздушные массы формируются над различными районами суши, поэтому они имеют разные физические характеристики, такие как температура, влажность, прозрачность. При движении воздушных масс над поверхностью суши и океана происходит изменение характеристик воздушных масс, кроме того их вторжение в данную местность будут вызывать соответствующие изменения погоды.

Различают следующие основные типы воздушных масс: арктический воздух, воздух умеренных широт и тропический воздух. Эти воздушные массы, в зависимости от характера подстилающей поверхности, над которой они формируются, делятся на континентальные и морские.

Континентальный арктический воздух формируется над ледяными полями Арктики, а морской арктический воздух формируется в высоких широтах Северного Ледовитого океана, где поверхность свободна ото льда. Континентальный арктический воздух очень холодный, в нем содержится очень мало водяного пара. Его вторжение на территорию Республики Беларусь вызывает сильные морозы зимой при ясной погоде и значительные заморозки весной и осенью.

Континентальный воздух умеренных широт формируется над сильно охлажденной поверхностью суши, покрытой снегом. Ввиду этого он значительно охлаждается, особенно снизу, и поэтому является устойчивой воздушной массой. В Республику Беларусь приносит холодную ясную погоду. В летнее время континентальный воздух умеренных широт значительно прогревается и делается неустойчивым. В нем развивается конвекция, благодаря которой образуются кучевые и кучево-дождевые облака.

Континентальный тропический воздух в основном формируется в теплое время года на юге России, Украины, в Средней Азии, Монголии и других местах.

Морской воздух умеренных широт приходит из умеренных широт Атлантического океана. На континентах он перерождается в континентальный воздух. В зимнее время морской воздух умеренных широт будет теплым. Вторжение его вызывает потепление, доходящее иногда до оттепели. Летом он приносит прохладную погоду с осадками. Морской воздух умеренных широт наиболее часто наблюдается в Республике Беларусь.

Морской тропический воздух приходит из субтропических широт океанов, где он формируется в областях высокого давления. В летнее время он приносит жаркую сухую погоду, в зимнее время – потепление. В Республику Беларусь тропические воздушные массы поступают довольно редко.

Воздушные массы отличаются друг от друга по своим физическим свойствам, основным из которых является степень нагретости, то есть различные воздушные массы имеют различную температуру. Если одна воздушная масса приходит в непосредственное соприкосновение с другой массой, то между ними имеется узкая переходная зона, которую рассматривают как поверхность раздела между воздушными массами. Так как холодный воздух плотнее теплого, то при своем перемещении, он будет располагаться под теплым в виде клина у поверхности земли. Поверхность раздела в данном случае имеет наклон в сторону холодного воздуха. Такая поверхность раздела между различными массами воздуха называется фронтальной поверхностью, а линия пересечения ее с поверхностью земли – линией фронта **или фронтом**. Ширина фронта может достигать нескольких десятков километров. Длина фронта – несколько сотен километров. При прохождении фронта происходят очень быстрые изменения атмосферного давления, ветра, температуры и влажности воздуха.

Фронты между воздушными массами основных географических типов называют главными фронтами в отличие от менее значительных вторичных фронтов между массами одного и того же географического типа. С фронтами связаны особые явления погоды. Восходящие движения воздуха в зонах фронтов приводят к образованию обширных облачных систем, из которых выпадают осадки на больших площадях.

Фронты постоянно возникают вновь и исчезают, вследствие определенных особенностей атмосферной циркуляции. Вместе с ними формируются, меняют свойства и теряют свою индивидуальность воздушные массы.

Огромные атмосферные волны, возникающие в воздушных массах по обе стороны от фронта, приводят к образованию атмосферных возмущений вихревого характера – циклонов и антициклонов.

3. Погода и ее предсказание.

а. Воздушные течения в области пониженного давления. Циклон. Пусть имеется область пониженного атмосферного давления, представленная в виде системы замкнутых concentрических изобар.

В этой области давление понижается от периферии к центру и достигает в центре минимума. Таким образом, создается разность в давлении между периферией и центром. Барические градиенты в этой области направлены от периферии к центру следовательно и воздушные течения образуются в этом же направлении. На эти течения оказывает воздействие сила Кориолиса, связанная с вращением Земли вокруг своей оси. В результате воздействия этой силы, воздушные течения отклоняются вправо в северном полушарии и влево – в южном. Под совместным действием двух сил – барического градиента и силы Кориолиса, воздушные массы перемещаются в центральную часть не по прямолинейным путям, а по путям имеющим вид спиралеобразных кривых, которые закручиваются против часовой стрелки. Кривые, представляющие направление воздушных течений, называются линиями токов. Касательные к этим кривым в любой точке совпадают с направлением ветра в этой точке. В неподвижной области пониженного давления с круговыми изобарами линии токов у земной поверхности сходятся в точке, находящейся в центре области. Эта точка называется точкой конвергенции (рис.6.3) и скорость ветра в ней равна нулю. В данном случае отдельные частицы воздуха перемещаются по спиральям, совпадающим с линиями токов. Если же область пониженного давления перемещается, то пути воздушных частиц будут иными. В этом случае они представляют результат сложения движений этих частиц по спиральным линиям токов и поступательного перемещения частиц вместе с областью пониженного давления. В этом случае траектории частиц будут иметь вид конвергирующих спиралей разных форм (рис.6.4).

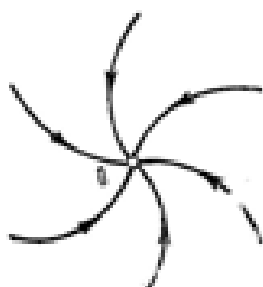


Рис.6.3



Рис.6.4

В области пониженного давления воздушные массы, оттекающие от периферии к центру, образуют в северном полушарии вихрь с движением против часовой стрелки, а в южном – по часовой стрелке. Данная система ветров называется циклониче-

ской, а область пониженного давления с циклонической системой ветров называется циклоном.

В центральную часть циклона стекаются воздушные массы с его периферии, поэтому давление в центре циклона должно повышаться, величина барического градиента уменьшаться и скорость ветра ослабевать. Однако он существует в течение нескольких дней. Это происходит потому, что в циклоне имеют место восходящие движения воздуха, а в высоких слоях атмосферы происходит растекание воздуха, что в итоге и поддерживает пониженное давление в циклонической области. Восходящие потоки воздуха в циклоне создают благоприятные условия для конденсации водяного пара, поэтому циклоны характеризуются облачной или пасмурной погодой с осадками.

Циклоны умеренных широт имеют значительные размеры. В диаметре они могут достигать несколько тысяч километров. С огромной периферии циклона оттекают массы воздуха различного географического происхождения. Эти массы могут быть теплыми и холодными, поэтому в циклоне должны существовать фронты.

Чаще всего циклоны перемещаются с запада на восток, с тем или иным отклонением к северу или югу. В Республику Беларусь чаще приходят циклоны, сформировавшиеся на севере Атлантического океана. Скорость перемещения циклона различна. Летом она бывает около 30 км/ч, зимой – 40 км/ч.

Летом циклоны приносят облачную погоду с дождями, наступает похолодание. Зимой – пасмурную погоду с осадками в виде снега или дождя, наступает потепление.

а. Воздушные течения в области повышенного давления. Антициклон. Пусть имеется область повышенного атмосферного давления, представленная в виде системы замкнутых concentрических изобар.

Атмосферное давление повышается от периферии к центру, где оно достигает максимума. Градиенты давления в этой области направлены от центра к периферии. В этом же направлении перемещаются и воздушные массы, но под действием силы Кориолиса воздушные течения отклоняются от направлений градиента вправо в северном полушарии и влево – в южном. В результате чего воздушные массы оттекают от центра не по прямым путям, а по спиралеобразным траекториям. Центральная точка, из которой расходятся эти пути, называется точкой дивергенции (рис.6.5).

В этой области воздух у поверхности земли растекается от центра во все стороны. Воздушные массы, оттекающие от центра высокого давления к периферии, образуют в этой области вихрь с движением по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой стрелки – в южном. Такая система ветров называется антициклонической (рис.6.6).

Антициклон- область высокого давления с антициклонической системой ветров.

Вследствие того, что в области высокого давления массы воздуха оттекают от центра к периферии, давление в центральной части области должно убывать. В результате этого разница в давлении между центром и периферией должна сглаживаться. Однако высокое давление в центральной части области может поддерживаться долгое время. Это происходит потому, что растекающийся у земной поверхности воздух пополняется воздухом, опускающимся сверху вниз.

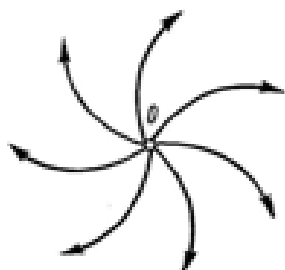


Рис.6.5

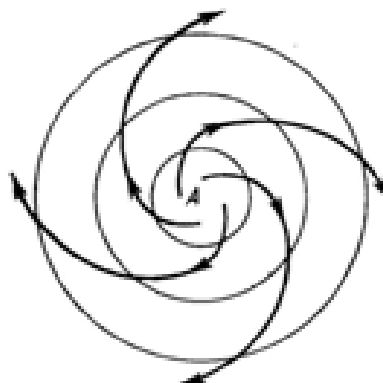


Рис.6.6

Области высокого давления сопровождаются нисходящими движениями воздуха, поэтому антициклоны сопровождаются ясной, сухой погодой без осадков.

Антициклоны характеризуются замкнутой системой изобар. Горизонтальные градиенты давления в нем малы, ввиду этого в центральной части его возникают слабые ветры или даже наблюдается затишье. Значительные ветры наблюдаются только на периферии антициклона.

Антициклоны могут иметь довольно большие размеры и занимать огромные площади, в поперечнике они могут быть тысячи километров. Особенно мощные антициклоны возникают на суше в умеренных и высоких широтах зимой вследствие накопления холодного воздуха.

Фронты у поверхности земли во внутренней области антициклона отсутствуют, так как в нем имеет место растекание воздуха из центральной части, занятой однородной воздушной массой.

Скорость перемещения антициклона в Европе определяется в среднем около 30 км/ч. Иногда скорость достигает 80 км/ч. Очень часто образуются малоподвижные, устойчивые антициклоны, которые длительное время застаиваются на одном месте. В теплое время года такие антициклоны на суше создают засуху. Это происходит потому, что антициклоны характеризуются нисходящими токами воздуха. Так как воздух при опускании адиабатически нагревается, то водяной пар, находящийся в воздухе, постоянно удаляется от состояния насыщения. Вследствие этого в антициклоне господствует ясная сухая погода. Летом погода жаркая, зимой - холодная, морозная.

В Республику Беларусь антициклоны часто приходят из высоких широт, а также со стороны азорского максимума, располагающегося над Атлантическим океаном в субтропических широтах. В холодное время года антициклоны могут приходиться со стороны Сибири.

ЛЕКЦИЯ 7. НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ГИДРО-МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Опасные явления теплого периода года.***
- 2. Опасные явления холодного периода года.***

1. Опасные явления теплого периода года

Заморозки. Сведения о заморозках необходимы для обоснования размещения теплолюбивых растений, для установления сроков сева и уборки сельскохозяйственных культур. С учетом этих сведений проводится селекция культур на заморозостойкость, разрабатываются меры защиты растений от заморозков.

Заморозком называется кратковременное понижение температуры воздуха или деятельной поверхности до 0°C и ниже на фоне положительных среднесуточных температур воздуха.

Оказывается, погодные условия приводящие к возникновению заморозков, могут быть очень различными. В связи с этим выделяют три типа заморозков.

Радиационные заморозки Для их возникновения необходимы ясные и тихие ночи. В этом случае эффективное излучение с поверхности почвы велико, а турбулентность мала и воздух, охлаждающийся от почвы, не переносится в более высокие слои, а подвергается длительному охлаждению. В этом случае наблюдается, что на высоте температура выше, чем у поверхности, а также приземная инверсия температуры. Эти заморозки зависят от рельефа местности. Наиболее они проявляются в низинах, чем на вершинах, склонах и холмах. В низких местах холодный воздух больше застаивается и длительнее охлаждается. Поэтому чаще повреждаются этими заморозками сады и огороды, расположенные в низинах. Эти заморозки усиливаются перед восходом солнца. Поэтому их называют “утренники”. Сухие и разрыхленные почвы и особенно осушенные торфяники способствуют возникновению радиационных заморозков на поверхности почвы. Такие почвы обладают малой теплоемкостью и теплопроводностью. Поэтому они плохо проводят тепло из глубоких слоев к верхнему слою и быстро охлаждаются.

Адвективные заморозки. Они возникают при вторжении в данный район достаточно холодной воздушной массы, чаще всего арктического происхождения. В нижних слоях этой массы температура днем выше нуля. Ночью же температура падает ниже нуля и наблюдается заморозок. При этом различие между температурой воздуха на высоте 2 м и у поверхности почвы незначительно. Такие заморозки длятся несколько ночей подряд, охватывают большие территории и почти не зависят от местных условий. Адвективные заморозки наиболее продолжительные по сравнению с другими типами.

Адвективно-радиационные заморозки. При их возникновении адвекция и радиационное охлаждение проявляются одновременно. Происходит вторжение холодного арктического воздуха и дальнейшее ночное охлаждение деятельной поверхности при ясном небе. Они чаще наблюдаются в конце весны и в начале лета, а также ранней осенью. Эти заморозки бывают на поверхности почвы или травостоя (посева) в период вегетации растений.

Для различных растений существуют разные температуры, при которых растения повреждаются или погибают. Температура, ниже которой растения повреждаются или погибают, называется **критической**. Она зависит от состояния растения, его сорта и вида.

Классификация растений по их реакции на заморозки.

В.Н.Степанов выделяет пять групп сельскохозяйственных культур по их устойчивости к отрицательным температурам на уровне растений в различные фазы развития.

1. Наиболее устойчивые. К ним относятся озимые, ранние яровые зерновые, зернобобовые культуры. Они выдерживают заморозки до $-7^{\circ} \dots -10^{\circ} \text{C}$ в фазе всходов. В фазе цветения устойчивость резко уменьшается.

2. Устойчивые. В эту группу входят такие культуры, как корнеплоды (морковь, свекла и т.д.) прядильные (лен и др.), некоторые масличные культуры. Они выдерживают температуру до $-5^{\circ} \dots -7^{\circ} \text{C}$ в фазе всходов, $-1^{\circ} \dots -2^{\circ} \text{C}$ в фазе цветения.

3. Среднеустойчивые. К ним относятся соя, редис. Они переносят в фазе всходов до $-3^{\circ} \dots -4^{\circ} \text{C}$, в фазе цветения до $-1^{\circ} \dots -2^{\circ} \text{C}$.

4. Малоустойчивые – кукуруза, картофель. В фазе всходов выносят температуру до -2°C , в фазе цветения до -1°C .

5. Неустойчивые к заморозкам, теплолюбивые растения – фасоль, гречиха, рис, бахчевые, арахис. Выносят температуру в фазе всходов до $-0,5^{\circ} \dots -1,5^{\circ} \text{C}$.

Для плодовых и ягодных культур заморозки особенно опасны во время цветения и образования завязей

Яблоня, груша, слива, вишня. Закрытые бутоны выносят температуру до -4°C , цветки до -2°C , плодовые завязи до -1°C . Виноград, распустившиеся почки выносят температуру до -1°C , цветки до 0°C . Ягодники (малина, клубника) – до -2°C .

Прогноз заморозков. Адвективные и адвективно-радиационные заморозки хорошо прогнозируются по синоптическим картам. В зависимости от местных условий на агрометеостанциях производят некоторые уточнения прогноза по формуле Михалеvского.

$$t_{\min \text{ в}} = t' - (t - t') \cdot C \pm A, \quad (7.1)$$

где $t_{\min \text{ в}}$ – ожидаемая минимальная температура воздуха;

t – температура по сухому термометру в 13 ч;

C – коэффициент, зависящий от влажности воздуха в 12...13 ч
(находится по таблице) ;

A – поправка на облачность.

Для определения минимальной температуры почвы имеем:

$$t_{\min \text{ п}} = t' - (t - t') \cdot 2C \pm A, \quad (7.2)$$

Поправка на облачность вводится в 21 ч по облачности. Если облачность меньше 4 баллов, то $A = -2^{\circ}\text{C}$, если облачность 4...7 баллов, $A=0^{\circ}\text{C}$, если облачность больше 7 баллов, то $A=2^{\circ}\text{C}$.

По рассчитанным значениям $t_{\min \text{ в}}$ и $t_{\min \text{ п}}$ определяют вероятность заморозков. Если эти значения меньше -2°C , то заморозок будет. Если они лежат в пределах от -2°C до $+2^{\circ}\text{C}$, то заморозок вероятен. Если эти значения больше $+2^{\circ}\text{C}$, то заморозка не будет.

Меры борьбы с заморозками. В настоящее время существуют следующие средства для защиты растений в садах и огородах от ночных заморозков.

Дымление. Огород или сад укутывают дымовой завесой, которая понижает эффективное излучение и уменьшает ночное падение температуры. Внутри дымовой завесы температура воздуха бывает на $1...2^{\circ}\text{C}$ выше, чем вокруг нее. Для создания дымовой завесы используют дымовые шашки или специально устроенные костры. В костре необходимо создать “тягу” для поддержания постоянного дымления. Для этого костер раскладывают следующим образом. На землю кладут короткие жерди или колья, на них складывают сырую солому, ботву, сухой навоз и т.д. Потом жерди вынимают и разжигают костер. Сформированный таким образом костер будет долго дымиться.

Укрытие растений с помощью полиэтиленовой пленки или стекла. При этом уменьшается эффективное излучение с почвы и растений.

Обогрев нижних слоев воздуха с помощью различного рода грелок.

Полив междурядий растений или орошение водой растений. Это способствует повышению приземной температуры почвы и воздуха, т.к. влажная почва теряет тепла меньше, чем сухая и в процессе конденсации водяного пара выделяется тепло.

Заморозки в Республике Беларусь. В Могилевской, Минской и Витебской областях заморозки бывают практически ежегодно. В остальных областях в основном заморозки наблюдаются в двух годах из трех. За период активной вегетации май-

сентябрь. в среднем может быть 2 ... 4 дня с заморозками в воздухе и 3...7 дней с заморозками на почве. Безморозный период (т.е. промежуток времени между последним заморозком весной и первым заморозком осенью) увеличивается с севера на юг.

Засухи и суховеи. *Засуха* – недостаток влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Несмотря на то, что Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения неравномерность выпадения осадков приводит к образованию засушливых периодов различной продолжительности. Для оценки засушливости широко применяется гидротермический коэффициент Селянилова (ГТК): отношение суммы осадков за определенный период к сумме температур за это же время, уменьшенной в 10 раз. ГТК рассчитывается для периодов продолжительностью не менее месяца за время со среднесуточными температурами выше 10°C (период активной вегетации). Для Беларуси это с мая по сентябрь. Если месячная сумма осадков ≤ 30 мм, то могут отмечаться засушливые месяцы.

Несколько чаще наблюдаются засухи в южной и юго-восточной части республики. Один раз в 4...5 лет засушливым может быть любой из месяцев теплого периода, а один раз в 8...10 лет бывает два засушливых месяца подряд. На остальной территории засушливыми бывает один месяц один раз в 5...10 лет.

Суховей (атмосферная засуха) – метеорологическое явление, характеризующееся высокой температурой воздуха, низкой относительной влажностью воздуха ($\leq 30\%$) и ветром, достигающим 10 м/с.

Меры борьбы. Борьба с засухами и суховеями имеет три направления: мелиоративное, агротехническое и селекционно-генетическое.

Мелиоративное и агротехническое направления предусматривают проведение приемов, направленных на повышение обеспеченности растений влагой.

Селекционно-генетическое направление имеет своей целью выведение засухоустойчивых растений.

В Республике Беларусь засушливые явления ($\text{ГТК} \leq 0,7$) могут наблюдаться в любом месяце теплого периода, в среднем один раз в 5...10 лет, а на юго-востоке 1 раз в 4...5 лет.

Град. Из мощных кучево-дождевых облаков может выпадать град. Он наносит повреждения посевам и посадкам, а иногда их полностью уничтожает.

Град образуется в теплое время года, когда при восходящем движении воздуха развиваются мощные внутримассовые или фронтальные кучево-дождевые облака. В таком облаке над средней частью образуется зона, в которой происходит накопление крупных капель. Здесь образуется зона повышенной влажности. Ее протяженность по вертикали может превышать 3 км. Если максимальная скорость восходящих потоков в облаке выше уровня нулевой изотермы более 10 м/с, а вершина облака имеет температуру - $20 \dots - 25^{\circ}\text{C}$, то в облаке может образоваться град. Ту часть облака, где происходит основной рост града называют градовым очагом.

Наиболее опасные и частые градобития происходят в предгорных и горных районах, где в летние жаркие дни возникают мощные восходящие потоки воздуха.

Град считается опасным, если его диаметр достигает 2 см и более.

В отдельных районах выпадает тропический град, вес градин достигает 800 г (например, в Таджикистане, в 1984 г.)

В Республике Беларусь самый крупный град выпадал 11 июля 1953 г в Браславском районе Витебской области. Максимальный размер градин достигал 8...10 см.

Опасный град в Республике Беларусь чаще повторяется на возвышенных районах северо-востока (Витебская область) и на залесенном юге республики (Гомельская и Брестская области). В среднем бывает 1...2 дня с градом в течение года.

Меры борьбы с градобитиями. Борьбу с градобитиями ведут путем воздействия на процессы градообразования в облаках. Основой метода является предотвращение процесса образования крупных градин. С этой целью облака обстреливают специальными снарядами или ракетами, несущими реагент (йодистое серебро, йодистый свинец). Внесенный реагент способствует созданию огромного количества ядер кристаллизации (из 1 г реагента получается 10^{12} ядер конденсации). Это препятствует образованию крупных градин. Мелкие градины тают в нижних теплых слоях воздуха и образуется дождь.

Ливни. Ливень – сильный дождь, выпадающий из кучево-дождевых облаков, интенсивность которого не ниже определенного значения. К опасным относят дожди с суммой осадков не менее 15 мм за 12 часов (или за более короткий промежуток времени).

А при сумме осадков 50 мм и более за такое же время, дождь считается особо опасным (стихийным) явлением. Он приводит к полеганию зерновых, нарушению движения транспорта, может вызвать размыв дорог, затопление, паводок. В результате ливней происходит водная эрозия почвы.

В Республике Беларусь опасные дожди в течение периода активной вегетации наблюдаются практически ежегодно. Они относительно равновероятны на всей территории республики. Общая тенденция – некоторые увеличения в юго-западном направлении, особенно для особо опасных дождей.

Меры борьбы с водной эрозией:

1) размещение сельскохозяйственных культур с учетом их почвозащитной способности, на склонах размещают многолетние травы, зернобобовые, пожнивные культуры;

2) обработка почвы и посев культур поперек склонов;

3) лесонасаждение и оврагоукрепление;

4) преобразование эрозийноопасных форм рельефа – террасирования, т.е. создание ступенчатых террас.

Шквал – резкое, кратковременное, обычно предгрозовое усиление ветра. Он представляет собой вихрь с горизонтальной осью, возникающий в мощном кучево-дождевом облаке или под ним и достигающий земли. Он характеризуется не только большой скоростью, но и быстрым изменением направления ветра. Шквалы образуются главным образом при прохождении холодного фронта и могут возникать почти одновременно в различных местах вдоль линии фронта. Скорость ветра обычно превышает 10 м/с, наиболее часто бывает 16...20 м/с. При скорости ветра более 25...30 м/с происходит разрушение строений, линий связи. Такой шквал называется разрушительным.

Смерч. Еще разрушительнее и опаснее возникающие в сходных со шквалом условиях смерчи. В этих вертикальных вихрях, спускающихся с облаков в виде облачной воронки, развиваются скорости ветра, достигающие 50...100 м/с и более. В результате вращения внутри смерча возникает разрежение, а вокруг ядра смерча сильные, до 70...90 м/с восходящие движения воздуха. Попадающие на пути смерча предметы, даже тяжелые, всасываются в область смерча, поднимаются и переносятся на большие расстояния. В Беларуси известны случаи подъема смерчем людей, автомашин, вагонеток и др. Смерч обычно сопровождается грозой, гулом ветра, треском разрушаемых построек. Обычно он продолжается в одном месте лишь несколько минут и полоса его разрушений от десятков до сотен метров в ширину, и до нескольких километров или десятков километров в длину.

Ежегодно на территории республики бывает 1...2 смерча.

В Республике Беларусь в среднем в отдельном пункте шквалы регистрируют один раз в 5 лет, в основном в первую половину лета. Разрушительный шквал – редкое явление в одном пункте. В целом по республике за теплый период наблюдается около четырех дней с разрушительными шквалами, которые охватывают отдельные хозяйства, 5...10 административных районов.

Грозы – часто наблюдаемое явление в республике. Их опасность увеличивается тем, что они обычно сопровождаются обильными дождями. В среднем в отдельном пункте за год наблюдается 25...30 дней с грозой. Число таких дней несколько возрастает к югу.

В Республике Беларусь с мая по август грозы наблюдаются ежегодно. В среднем бывает в месяц 4...7 дней с грозой, а на юге 5...8 дней. С октября по март грозы наблюдаются в отдельном пункте в среднем 1...5 раз за 10 лет.

2. Опасные явления холодного периода года. В холодное время года также наблюдаются метеорологические явления, вызывающие повреждения культурных растений.

На территории Республики Беларусь могут наблюдаться следующие основные опасные явления:

Вымерзание озимых обусловлено понижением температуры почвы на глубине узла кущения ниже критической в течение 2-3 суток. Перезимовка озимых зависит от закалки растений. Закалка происходит, если при отсутствии осадков и малооблачной погоде в течение 10...14 дней температура воздуха постепенно понижается от +5 до - 5⁰С.

Меры борьбы. Основным способом борьбы с вымерзанием является снегозадержание. Определенное значение имеют и сроки сева. При оптимальных сроках сева растения уходят в зиму в фазе кущения. Они лучше переносят зиму, чем слаборазвитые растения в фазе всходов или третьего листа.

В Республики Беларусь зарегистрированный минимум температуры почвы на глубине узла кущения – 22⁰С. Опасно низкие температуры отмечаются в республике с декабря по февраль, лишь на крайнем востоке – в Могилевской области, возможны и в марте. В годы их формирования в течение зимы бывает в среднем около четырех дней с опасно низкой температурой почвы на глубине узла кущения ($\leq -15^{\circ}\text{C}$). Наиболее продолжительное понижение температуры почвы на глубине узла кущения было в 1972 г. в Костюковичах. Оно сохранялось 15 дней. В эту зиму продолжительное сохранение низкой температуры наблюдалось продолжительное время, и как следствие, в ряде областей республики отмечалось вымерзанием посевов озимых.

Вымокание растений происходит вследствие застоя талой воды на полях. Оно происходит наиболее часто на тяжелых суглинистых почвах, в пониженных формах рельефа.

Меры борьбы. Создание стока воды с полей, расположенных в низинах, при помощи специальных борозд и траншей, а также выравнивание полей.

Ледяная корка – слой льда, образовавшийся на полях, если происходит чередование зимой оттепелей и морозов. Толщина корки составляет 2...50 мм, максимальная – 150 мм. Она бывает притертой или взвешенной. Под ледяной коркой резко повышается концентрация углекислоты, выделяемой при дыхании растениями. Причиной гибели растений считается нарушение воздухообмена, а также механическое повреждение растений.

Меры борьбы. Для уменьшения возможности образования ледяной корки с полей отводят талые воды. Корки, не покрытые снегом, посыпают золой или торфокрошкой для ускорения их таяния.

Выпирание посевов происходит при замерзании воды в верхнем слое почвы после оттепели. При этом почва вспучивается и поднимает слабо укоренившиеся растения, что часто вызывает разрыв корневой системы, а при последующем оттаивании почвы – ее оседание и обнажение узла кущения и корневой шейки. При очередном похолодании узел кущения подвергается воздействию низких температур.

Меры борьбы. Зерновые сеют в уже уплотнившуюся, после предпосевной обработки, почву при глубокой заделке семян.

Зимняя засуха возникает при замерзании почвы и отсутствии снежного покрова. В этом случае при ясной погоде солнечные лучи прогревают растения, что вызывает испарение воды листьями и их высыхание, так как вода из мерзлой почвы не может поступать и растения завядают.

Меры борьбы. Увеличение снежного покрова на полях посредством снегозадержания.

ЛЕКЦИЯ 8. КЛИМАТ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассматриваемые вопросы:

1. Понятие о климате и климатообразующих факторах. Классификация климатов СНГ. Изменение климата.

2. Методика сельскохозяйственной оценки климата.

1. Понятие о климате и климатообразующих факторах. Классификация климатов СНГ. Изменение климата.

Климат - это закономерная последовательность атмосферных процессов, формирующаяся в данной местности в результате взаимодействия солнечной радиации, атмосферной циркуляции и физических явлений, происходящих на подстилающей поверхности, и обуславливающая в этой местности характерный для нее многолетний режим погоды. С количественной стороны климат характеризуется средними значениями (нормами), экстремальными значениями метеорологических элементов (температуры и влажности воздуха, облачности, осадков, ветров и т. д.), показателями их изменчивости (среднее, среднее относительное и среднее квадратическое отклонения от нормы и др.), вероятностью и обеспеченностью тех или иных значений метеорологических элементов и т. д., полученных на основании многолетних наблюдений.

Область науки, изучающая условия формирования климата и климатический режим различных стран и районов, называют *климатологией*. Она также занимается проблемой изменения климата под воздействием человека.

Из приведенного определения понятия климата видно, что основными климатообразующими факторами будут *солнечная радиация, циркуляция атмосферы и подстилающая поверхность*. Под их совместным влиянием формируется климат в различных местах земного шара. Большое влияние на климат оказывает также *хозяйственная деятельность человека*, изменяющая физические свойства подстилающей поверхности.

Общеизвестно, что Солнце – основной источник лучистой энергии. Еще древние греки установили значение солнечной энергии для климата Земли – ведь слово «климат» в переводе с греческого означает «наклон», т. е. угол падения солнечных лучей. Действительно, чем ниже Солнце над горизонтом, тем меньше лучистой энергии приходит на земную поверхность. Количество солнечной энергии, поступающей на земную поверхность, зависит от географической широты. Последняя в данной местности определяет полуденную высоту Солнца над горизонтом и продолжительность дня и ночи, а следовательно, и приход-расход лучистой энергии Солнца. Чем дальше от экватора к полюсу, тем меньше солнечного тепла получает единица поверхности Земли из-за большого наклона солнечных лучей. Например, суммарная радиация за Полярным кругом достигает всего 2300...2500 МДж/м² в год, тогда как в тропиках она колеблется от 5850 до 9200 МДж/м².

Значительное влияние на формирование климата оказывает атмосферная циркуляция, так как с ней связан приход в данную местность масс воздуха различного географического происхождения. Чтобы пояснить значение этого фактора, приведем данные по двум городам, расположенным приблизительно на одной и той же широте (около 45° с.ш.) на берегу моря. Но один из них – Бордо (Франция) (около 1° з.д.) – находится на берегу Бискайского залива, а другой – Владивосток (около 130° в. д.) – на берегу Японского моря. Зимы в этих местах сильно различаются, особенно по температуре. В Бордо средняя температура воздуха в январе около 5 °С, во Владивостоке около –13,5 °С, т. е. на 18,5 °С ниже. Такое различие объясняется особенностями циркуляции воздуха в зимнее время. В Бордо зимой преобладают юго-западные ветры, приносящие теплые массы воздуха с Атлантического океана; во Владивостоке зимой дуют северо-западные ветры, приносящие холодные массы воздуха с континента – Северо-Восточной Сибири.

Большое значение в формировании климата имеет подстилающая поверхность: вода – суша, так как от этого зависят физические свойства располагающихся над ней воздушных масс. Также различным будет влияние на климат гор и равнин, обнаженной поверхности и поверхности, покрытой растительностью, и т. д.

Особенно велико различие в воздействии на климат со стороны моря и суши. Вода обладает большой теплоемкостью и хорошей теплопроводностью, и вследствие этого она медленно нагревается, но на значительную глубину и так же постепенно охлаждается. Поэтому океаны, моря и крупные озера служат регуляторами тепла, уменьшая как суточные, так и годовые колебания температуры приземного слоя воздуха. Климат же, формирующийся при преобладающем воздействии на атмосферу больших пространств суши, отличается повышенными амплитудами годового и суточного хода температуры поверхности и воздуха.

Существенное влияние на климат оказывают морские течения. Теплые течения, направленные в высокие широты, например Гольфстрим, создают на омываемых

ими берегах особый климат с очень теплой зимой и малой годовой амплитудой колебания температуры. Например, в Мурманске наблюдается такая же средняя месячная температура января, как в Волгограде, расположенном значительно южнее: -10°C . На берегах, омываемых теплым течением, выпадает повышенное количество осадков, причем осадки часто сопровождаются грозами и бурями.

Рельеф оказывает большое влияние на климат, особенно крупные формы рельефа: горные хребты и высокие плоскогорья. В горной местности вообще создается особый тип климата, носящий название горного климата. Горы нередко служат преградой для воздушных масс, являясь границей, разделяющей области с различными климатическими условиями. Вся защищенная горами Кавказа полоса побережья Черного моря имеет влажную и теплую зиму: сумма осадков составляет 400...500 мм и более, средняя температура января $0...+5^{\circ}\text{C}$, в Ставропольском и Краснодарском краях - соответственно 200... 150 мм и -5°C .

Лесная растительность воздействует на климат прилегающей территории. Если мы говорим, что климат влияет на растительность, определяя ее ареалы, то, в свою очередь, растительный мир сильно влияет на климат, в частности на влагооборот.

Климатические факторы действуют совместно, взаимно обуславливая друг друга. Так, атмосферная циркуляция, обусловленная в основном радиационными факторами, сама воздействует на них в результате появления облачности в процессе переноса воздушных масс и влагооборота.

Климатические условия местности могут изменяться и под влиянием хозяйственной деятельности человека, поскольку она может изменить физические свойства подстилающей поверхности. Вырубка и насаждение лесов, лесных полос, осушение болот, распашка степей, создание больших водохранилищ и т. д. - все это оказывает воздействие на тепло- и влагообмен между деятельной поверхностью и воздухом и, следовательно, на климат.

Различные сочетания климатообразующих факторов создают большое разнообразие климатов на земном шаре. Существует довольно много классификаций климатов.

По классификации российского ученого, академика Л. С. Берга выделено **12 типов климата**, которые близки к ландшафтно-географическим зонам: *вечного мороза, тундры, тайги, лиственных лесов умеренной зоны, муссонный умеренных широт, степей, субтропический средиземноморский, субтропических лесов, внутриматериковых пустынь умеренного пояса, тропических пустынь, саванн (тропическая лесостепь) и влажных тропических лесов.*

На территории России представлены следующие типы климатов.

Климат вечного мороза формируется в высоких широтах Арктики и в высокогорных районах (выше снеговой линии), где средняя температура июля около 0°C , а осадков выпадает менее 200 мм в год.

Зона климата тундры занимает Крайний Север России, но на крайнем северо-востоке ее южная граница отодвинута на юг почти до 60° с.ш. За южную границу тундры принимают северный предел распространения леса, совпадающий с изотермой 10...12 °С самого теплого летнего месяца. Летом здесь бывает непродолжительный безморозный период, поэтому растительность в тундре скудная (карликовые ивы и березы, мелкие кустарники, на южных склонах трава). Климат тундры суровый, зима продолжительная. В сибирской тундре средние температуры зимой составляют – 25...–35 °С. Лето короткое, прохладное, средняя температура не выше 10... 12 °С. Снег и заморозки могут быть в течение всего лета.

Вегетационный период в тундре длится 2...3 мес. За это время растения получают достаточно света и влаги, но испытывают недостаток в тепле, что замедляет их рост.

Зона климата тайги занимает наибольшую часть России от Карелии до Камчатки. В европейской части России зима умеренно холодная (средняя температура января –7...–15 °С), но по мере продвижения на восток суровость зимы усиливается. В Восточной Сибири зима морозная, малоснежная, средняя температура января – 25...–38 °С, минимальная температура зимой опускается до –40...–45 °С в восточных районах, до –50...–60 °С в северных. Абсолютный минимум, отмеченный в районе Верхоянска — Оймякона, достигал –71 °С. Весна в сибирской тайге наступает позже, чем в европейской, заморозки в Восточной Сибири наблюдаются даже летом, но средняя температура воздуха летом в Сибири выше, чем на этих же широтах в европейской части. Средняя температура июля преимущественно 14... 18 °С. Осень в западных районах продолжительная, в восточных – короткая, с быстрым наступлением холодов. Годовая сумма осадков по зоне 350...600 мм.

Зона климата лиственных лесов простирается от западных границ России до р. Оби в районе Новосибирска. Эта зона в Сибири ограничена с севера и востока низкими температурами зимы, с юга – сухим жарким летом. Зима в западных районах этой зоны мягкая, с частыми оттепелями, пасмурная, на востоке более суровая, по зоне средняя температура января колеблется от –4 до –18 °С, лето более теплое. Средняя температура июля 17...20 °С. Разность средней месячной температуры воздуха января и июля в Москве 28 °С, в Новосибирске 38 °С. Рост амплитуды годового хода температуры воздуха характеризует увеличение континентального климата с запада на восток. В этом же направлении отмечается уменьшение годовой суммы осадков от 600 до 400 мм.

Муссонный климат умеренных широт отмечается на Дальнем Востоке (Приамурье, Приморье, Камчатка, Сахалин). В целом муссонный климат дальневосточной области характеризуется холодной, сухой и солнечной зимой, прохладным и влажным летом, частыми туманами и прохождением тайфунов. Средняя температура января изменяется от –25 °С на севере до –10 °С на юге, июля – соответственно от 10 до 20 °С. Годовая сумма осадков колеблется в пределах 200... 1000 мм.

Дальневосточная область получает меньше тепла, чем следовало бы по географическому положению. Причины этого заключаются, во-первых, в сравнительно холодных восточных морях, отнимающих летом много тепла, во-вторых, во влиянии огромного азиатского материка с его суровыми зимами, в-третьих, в действии летних ветров с морей, обуславливающих большую облачность.

Зона климата степей охватывает Нижнее и Среднее Поволжье, Северный Кавказ, Южный Урал, южные районы Западной Сибири и южные районы Восточной Сибири. В этой зоне годовая сумма осадков (450...250 мм) меньше годовой суммы испаряемости, часто наблюдаются засухи и суховеи, нередко бывают пыльные бури. Средняя температура июля 20...25 °С. Зима малоснежная, в восточных районах суровая (средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха —35...—45 °С). В южных степях годовая сумма осадков не более 350 мм.

Субтропический средиземноморский климат наблюдается на Черноморском побережье Краснодарского края. Для него характерны влажная теплая зима (0...5 °С) и засушливое теплое лето (22...24 °С). Годовая сумма осадков составляет 600...800 мм.

Изменение климата - многолетняя или многовековая направленная смена одного метеорологического комплекса другим в сторону постепенного похолодания или потепления, иссушения или увлажнения.

Нет никакого сомнения, что на протяжении истории Земли вместе со всей земной природой менялся и климат. Геологические данные показывают, что изменения климата в прошлом Земли были очень глубокими и охватывали сотни миллионов лет.

На протяжении этого времени коренным образом менялось положение на Земле: расположение суши и моря, орография, распределение океанических течений, вулканическая деятельность, состав атмосферы и пр. С другой стороны, могли меняться и космические влияния на Землю.

Обнаружение обширных и мощных толщ морских известняков и ископаемых коралловых рифов в средних широтах, например в Центральной Европе, говорит о более теплом климате, существовавшем в этих районах в разные эпохи жизни Земли. В пластах бурых углей в Европе обнаруживаются остатки таких теплолюбивых растений, как веерные пальмы. Образование каменного угля происходило некогда и в Арктике, и в Антарктиде. Богатство ископаемых видов пресмыкающихся и их огромные размеры также являются подтверждением теплых климатов. Один из признаков холодных периодов - слабое химическое выветривание и преобладание физического выветривания с обилием обломочного материала в отложениях. Особенно важными показателями похолоданий являются характерные отложения и формы ландшафта, связанные с оледенениями (моренные отложения, ископаемые льды), а также соответствующая флора и фауна. В частности, моренные отложения, встре-

чающиеся в Индии, свидетельствуют о том, что ледники из Арктики спускались до этих широт.

Важнейшее доказательство аридных (сухих) периодов - усиленное отложение солей (особенно, если климат также и жаркий). Пояса месторождений ископаемых солей на Земле тоже меняли свое положение на протяжении геологических эпох. Сухие периоды определяются еще и по остаткам ксероморфной растительности и степных животных.

Об изменении климата, в частности за историческую эпоху (когда появился человек), свидетельствуют и данные археологии и летописей, а также новейшие геологические напластования, болотные отложения, годовичные кольца деревьев. Установлено, что в начале нашей эры климат Европы был близок к современному. С IV в. началось потепление, продолжавшееся до XIII в. Это климатический оптимум исторического времени. С XIII в. климат стал ухудшаться; о похолодании можно судить по такому факту: Черное море не раз замерзало, и из Крыма в Турцию устанавливался санный путь. В XVII в. произошло небольшое потепление, однако до середины XIX в. температуры оставались низкими. У А. С. Пушкина описан «бег санок по Неве широкой», что невозможно при ледовом покрове нынешних зим. С середины XIX в. началось, по мнению большинства ученых, потепление.

Пока нет единой теории, объясняющей колебания климата. Есть лишь различные гипотезы, которые можно разделить на три группы.

Астрономические гипотезы связывают изменения климата с периодическими колебаниями элементов земной орбиты, благодаря чему должно меняться общее количество тепла, приходящего к Земле от Солнца, с колебаниями наклона оси вращения Земли и с изменением скорости вращения Земли вокруг своей оси.

Физические гипотезы объясняют колебания климата изменением интенсивности солнечной радиации, так как Солнце, по мнению ряда ученых, – переменная звезда. И «солнечная постоянная» испытывает периодические и существенные колебания ($\pm 20\%$). Предполагается также, что Земля в разные периоды своей жизни проходит через области мирового пространства с различным содержанием межзвездного вещества, которое, по-разному поглощая солнечную энергию, опять-таки меняет количество поступающей на Землю солнечной радиации, и ее спектральный состав.

Геолого-географические гипотезы увязывают изменения климата с перемещением материков, изменением очертаний океанов, их глубин, с переменой в направлении и мощности океанических течений, что неизбежно сопровождается существенными изменениями циркуляции атмо- и гидросферы. Примером тому может служить такое явление, как Эль-Ниньо, что в переводе с испанского означает «новогодний мальчик» или «младенец». Его впервые заметили перуанские рыбаки 200 лет тому назад, а в последние годы изучают ученые многих стран.

Оно связано с формированием больших участков теплой воды в экваториальной части Тихого океана, а также подъемом глубинных, холодных вод у Западного побережья Южной Америки. Это явление резко изменяет тепло- и влагообменные процессы атмосферы и океана (одного из важнейших погодообразующих факторов), что вызывает хаос в мировой погоде: сильнейшие дожди в Южной Америке, Европе и Индии, жестокие засухи (сахель) в Африке и Австралии. Последний сильный и продолжительный период Эль-Ниньо зафиксирован в 1982-1983 гг., а начало нового — в 1998 г.

Поскольку естественные изменения климата происходят медленно, с временными масштабами в тысячи и даже миллионы лет, то для ближайшего столетия большое значение имеют современные изменения климата под влиянием антропогенных факторов, т. е. деятельности человека.

Уже древние земледельцы, сводя леса и распахивая землю, изменяли температуру и влажность воздуха, влагосодержание почвы, а следовательно, испарение. Современное полезащитное лесоразведение уменьшает скорость ветра, задерживает снег и тем самым повышает влажность воздуха и почвы. При осушении болот уменьшается влажность и повышается температура. Водохранилища, наоборот, увеличивают влажность почвы и воздуха. В этом же направлении действует искусственное орошение. А все это влияет на тепло- и влагообмен между подстилающей поверхностью и атмосферой, а значит, и на циркуляцию атмосферы.

В густонаселенных районах Земли в результате все возрастающего количества сжигаемого топлива содержание углекислого газа в воздухе повысилось на 10...15 % и, по данным М. И. Будыко, продолжает повышаться на 0,2 % в год (от его общего количества). Это вследствие оранжерейного эффекта привело к повышению глобальной температуры воздуха за последнее столетие примерно на 0,6 °С, и тенденция к ее повышению сохраняется.

По оценкам М. И. Будыко (1992), развитие потепления в первой четверти XXI в. более заметно проявится в высоких широтах, чем в низких, причем в холодное время будет более выражено, чем в теплое; количество осадков в умеренных широтах также возрастет.

В результате потепления следует ожидать таяния ледников и, как следствие этого, повышения общего уровня Мирового океана. По подсчетам американских ученых, уже в ближайшие 25 лет его уровень поднимется почти на 10 см в районе Северо-американского континента.

Глобальное изменение климата определенным образом будет влиять и на сельскохозяйственное производство. Поэтому этой проблемой занимаются ученые многих стран, проходят международные конференции, организуемые Всемирной метеорологической организацией.

Климат - «ничей», он - общемировое достояние, условие нормальной жизни всех людей Земли.

2. Методика сельскохозяйственной оценки климата.

Климат определяет географическое распространение и успешность возделывания всех сельскохозяйственных культур, условия выпаса и содержания животных. Для того чтобы эффективно использовать потенциальные возможности, а также уменьшать ущерб от неблагоприятных для сельскохозяйственного производства погодных явлений, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, необходимо изучение климата. Для этих целей устанавливаются количественные показатели влияния факторов климата на объекты и процессы сельскохозяйственного производства

Основы методики агроклиматической оценки территории начали разрабатывать в начале XIX в. А. И. Воейков и П. И. Броунов. Их идеи получили развитие в исследованиях Г. Т. Селянинова, П. И. Колоскова, Ф. Ф. Давитая, Л. Н. Бабушкина, И. А. Гольцберг, С. А. Сапожниковой, А. И. Руденко, Ю. И. Чиркова, Д. И. Шашко, А. М. Шульгина, А. Р. Константинова, А. П. Федосеева и других ученых. За рубежом в этом направлении работали Б. Ливингстон, Дж. Ацци, Е. Никольс и др. В основу методики сельскохозяйственной оценки климата положены законы биологических наук.

Газовый состав воздуха одинаков во всех климатических зонах. Световой режим в условиях оптимальной густоты стояния растений обычно не лимитирует их рост и развитие (за исключением полярных районов в период прохождения растениями световой стадии развития). Продуктивность растений в основном определяется количеством тепла и влаги.

Наиболее широко для сельскохозяйственной оценки климата используют следующие показатели: сумма активных температур, средняя температура самого теплого месяца, продолжительность вегетационного периода (при оценке термических ресурсов вегетационного периода); сумма осадков, коэффициенты увлажнения, запасы продуктивной влаги (при оценке увлажнения вегетационного периода); средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха и почвы, средняя температура самого холодного месяца, высота снежного покрова (для характеристики условий зимнего периода). Сопоставляя значения этих показателей с потребностью сельскохозяйственных культур в тепле, во влаге и с критическими температурами растений, можно определить степень соответствия агроклиматических ресурсов любой территории требованиям сельскохозяйственных культур.

Необходимо отметить, что приведенные выше оценки теплообеспеченности, увлажнения и перезимовки растений справедливы для открытых ровных территорий. Обусловлено это тем, что значения всех агроклиматических показате-

телей получены на основании измерений, проводимых на метеорологических станциях, расположенных на открытых ровных участках. В связи с неоднородностью подстилающей поверхности (неровности рельефа, наличие крупных водоемов, лесных массивов и т. п.) в пределах одной климатической зоны всегда можно выделить большое число «микроклиматических» зон, существенно различающихся между собой по радиационному, тепловому и водному балансам и их составляющим, т. е. по климатическому потенциалу, а следовательно, и по условиям произрастания сельскохозяйственных культур. Поэтому при сельскохозяйственной оценке климата необходимо учитывать эти микроклиматические различия, или микроклимат.

Микроклимат — это климат небольшой территории или ее части, формирующийся под воздействием различия рельефа, растительности, состояния почвы, наличия водоемов, застройки и других особенностей подстилающей поверхности; это климат поля, склона холма, опушки леса, осушенного болота, берега озера и т. п.

Микроклиматические явления столь многообразны и многочисленны, что изучить каждый участок земной поверхности в микроклиматическом отношении невозможно. Вот почему при микроклиматических исследованиях основное внимание обращают на изучение особенностей физических процессов в условиях наиболее типичных участков местности. Например, при исследовании микроклимата сельскохозяйственных угодий подбирают участки, занятые основной для данного района культурой с учетом агротехники (орошаемое, неорошаемое поле) и почвенного покрова, а также рельефа местности (долина, склоны, вершина, плато и т. д.). По возможности необходимо организовать сравнительные наблюдения на участке черного пара, чтобы судить о степени влияния данной культуры на микроклиматические особенности участка.

Одна из задач сельскохозяйственной оценки климата — учет всех неблагоприятных метеорологических явлений, возможных в данном районе.

Неблагоприятные для сельского хозяйства явления погоды — это понятия биоклиматические, так как их рассматривают по реакции растений на погоду и характеризуют сопряженными агрометеорологическими и биологическими показателями.

Метеорологическое явление считается опасным, если при его образовании необходимо принимать специальные меры для предотвращения ущерба в определенной отрасли народного хозяйства. К агрометеорологическим явлениям, опасным для сельского хозяйства, относятся: засуха, суховеи, пыльные бури, заморозок, градобитие, комплекс явлений зимнего периода (сильные морозы, гололед, вымокание и выпревание озимых и т. д.).

Особо опасными считают такие явления, которые по своей интенсивности, времени возникновения, продолжительности или площади распространения могут нанести или наносят значительный ущерб народному хозяйству.

При общем увеличении урожайности сельскохозяйственных культур колебания ее по годам во многих странах мира, в том числе и в Белоруссии, остаются значительными, со временем не уменьшаются или уменьшаются мало. Это означает, что влияние неблагоприятных погодных условий на урожайность культурных растений еще велико.

Последний вывод очень существен, он заставляет более серьезно относиться к неблагоприятным явлениям погоды и мерам борьбы с ними в условиях нерегулируемого климата.

ЛЕКЦИЯ 9. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Организация и основные задачи агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.***
- 2. Основные наблюдения, проводимые на гидрометеорологических станциях и постах***
- 3. Основные виды и формы агрометеорологической информации.***

1. Организация и основные задачи агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.

Главная задача гидрометеорологического обеспечения регулярное оказание всесторонней помощи сельскому хозяйству в наиболее полном рациональном использовании климатических и погодных условий с целью получения высоких устойчивых урожаев.

Особенностью сельского хозяйства, принципиально отличающей его от других сфер производства, является чрезвычайно сильная зависимость от метеорологических факторов. По некоторым оценкам, из всех потерь, которые наносят хозяйствам страны неблагоприятные погодные условия, на сельское хозяйство приходится около 65 %. Около половины этих потерь на сегодняшний день можно предотвратить и устранить с помощью соответствующих агротехнических приемов.

Успешность применения любых систем земледелия и агротехнических приемов определяется тем, насколько эффективно удастся бороться с опасными метеорологическими явлениями: засухой, заморозками, градобитиями и т. д., и тем, насколько

полно используются в процессе формирования урожая имеющиеся почвенно-климатические ресурсы: свет, тепло, влага и питательные элементы.

Увеличение продуктивности земледелия требует тщательного учета метеорологических факторов при принятии хозяйственных решений на всех уровнях:

при составлении долгосрочных проектов повышения почвенного плодородия, проектировании мелиоративных сооружений, районировании производства и т. д.; планировании агротехнических мероприятий на предстоящий вегетационный период;

оперативном управлении технологическими процессами и дифференцированном применении агротехнических приемов в соответствии со складывающимися и ожидаемыми (прогнозируемыми) условиями в период вегетации.

При районировании сельскохозяйственного производства, составлении проектов землеустройства, мелиорациях и принятии других решений, последствия реализации которых сказывается в течение длительного времени, основное значение имеет агроклиматическая информация. Причем, используя ее, важно учитывать не только средние многолетние значения гидро- и агрометеорологических факторов, но и их вероятностные характеристики. Наличие вероятностной информации позволяет выбрать из нескольких допустимых хозяйственных решений оптимальное.

При планировании агротехнических мероприятий на предстоящий период вегетации существенное значение приобретают информация о складывающихся агрометеорологических условиях и долгосрочные агрометеорологические прогнозы.

Наконец, на этапе оперативного управления продукционным процессом дифференциация агротехнологии осуществляется по результатам текущих наблюдений за состоянием посевов и средой обитания растений. Существенное значение для планирования отдельных оперативных работ имеют краткосрочные прогнозы погоды и отдельных ее элементов, а также штормовые предупреждения об ожидаемых опасных для сельского хозяйства метеорологических явлениях.

Вся информация, необходимая для решения перечисленных выше и других хозяйственных задач, собирается на сети станций и постов при наземных и авиационных, визуальных и инструментальных наблюдениях, а также с помощью искусственных спутников Земли.

2. Основные наблюдения, проводимые на гидрометеорологических станциях и постах

Основную гидрометеорологическую и агрометеорологическую информацию, которая может интересовать агронома и других руководителей хозяйств, можно получить на ближайшей гидрометеорологической (агрометеорологической) станции или посту.

Государственная гидрометеорологическая сеть станций и постов предназначена для изучения гидрометеорологических условий и режима погоды на территории Белоруссии. С этой целью ведут различные наблюдения и работы, необходимые:

для обеспечения регулярной информацией учреждений Белгидромета о текущем состоянии погоды, об опасных гидрометеорологических явлениях, а также для составления краткосрочных и долгосрочных метеорологических, гидрологических и агрометеорологических прогнозов и расчетов;

изучения метеорологического, гидрологического и агрометеорологического режимов территории Белоруссии составления различных обобщений (ежегодники, справочники, атласы, описания и др.);

проведения научных исследований в области метеорологии, гидрологии и агрометеорологии, особенно для разработки методов прогнозов и расчетов.

В зависимости от профиля выполняемых наблюдений и работ все гидрометеорологические станции и посты подразделяют по видам (метеорологические, аэрологические, гидрологические, болотные, снеголавинные, агрометеорологические и др.), а в зависимости от объема наблюдений и работ — по разрядам (**I, II, III**).

На метеорологических станциях ведут круглосуточные наблюдения за погодой.

На аэрологических станциях измеряют температуру и влажность воздуха, скорость ветра на больших высотах. На гидрологических станциях изучают гидрологический режим водных объектов; на водно-балансовых станциях ведут наблюдения за составляющими водного баланса и изучают их взаимосвязи в различных физико-географических районах как в естественных условиях, так и после проведения различных агротехнических и лесомелиоративных мероприятий.

На болотных станциях проводят наблюдения за всеми элементами водного и теплового режимов крупных болотных массивов, а также исследуют влияние на эти режимы мелиоративных мероприятий и торфоразработок.

Агрометеорологические станции являются специализированными исследовательскими станциями, планомерно и всесторонне изучающими агрометеорологические условия и их влияние на сельскохозяйственное производство с учетом его специализации в различных почвенно-климатических зонах.

Основным принципом агрометеорологических наблюдений является сопряженность (параллельность) наблюдений за погодой, с одной стороны, и за развитием, ростом и состоянием сельскохозяйственных растений - с другой.

Метеорологическая часть включает круглосуточные измерения радиационного баланса и его составляющих, температуры и влажности воздуха, температуры почвы, скорости и направления ветра, осадков. Кроме того, постоянно наблюдают за облачностью, атмосферными явлениями (туманом, гололедом, изморозью, метелью и др.). В зимний период определяют глубину промерзания почвы и высоту снежного покрова.

Агрометеорологическая часть состоит из следующих наблюдений и определений.

В теплый период на полях с посевами:

проводят фенологические наблюдения; определяют густоту посевов, засоренность и зараженность посевов, повреждения растений неблагоприятными метеорологическими явлениями (заморозками, суховеями, градом и др.); наблюдают за формированием элементов продуктивности и определяют структуру урожая сельскохозяйственных культур; наблюдают за полеганием посевов, влажностью соломы, зерна и его прорастанием при неблагоприятных условиях уборки, за проведением полевых работ с оценкой их качества и влияния на них погодных условий, за условиями выпаса скота с учетом состояния пастбищ, за влажностью почвы на полях севооборота (визуально и с помощью инструментальных измерений).

Зимой ведут наблюдения:

за температурой почвы на глубине узла кущения; глубиной промерзания почвы под культурами; высотой и плотностью снежного покрова на полях с зимующими культурами и в садах; состоянием (жизнеспособностью) растений.

У озимых и многолетних трав для этого вырубаят монолиты (в январе и феврале) и помещают их в ящики, которые устанавливают в теплом светлом помещении. После оттаивания монолитов определяют внешний вид и фазу развития растений. Через 15 сут. подсчитывают число живых и погибших, не давших отрастания растений и определяют процент погибших растений.

У плодовых культур через 5...7 сут. после сильных морозов $-25...-30^{\circ}\text{C}$) срезают одно- и двулетние ветки и ставят в сосуд : теплой водой на 20...25 сут. Затем подсчитывают общее число почек на ветке, а также число набухших и распустившихся. Нераспустившиеся почки считают поврежденными (на срезе они имеют бурую или желтоватую окраску). Кроме того, также по окраске среза определяют степень повреждения древесины. Результаты наблюдений после их первичной обработки и контроля на станциях передают по специальным каналам в межрегиональные территориальные УГМС и их областные и краевые оперативно-производственные сетевые организации, а оттуда в Гидрометцентр.

Основные принципы организации и методы проведения всех видов гидрометеорологических и агрометеорологических наблюдений и связанных с ними работ, а также методы обработки результатов наблюдений, выполняемых станциями, постами и учреждениями Гидрометслужбы, регламентируются Наставлением гидрометеорологическим (агрометеорологическим) станциям и постам.

3. Основные виды и формы агрометеорологической информации.

Оперативные подразделения Белгидромета совместно с Гидрометцентром регулярно обеспечивают все службы сельскохозяйственного производства различными

видами метеорологических, агрометеорологических и гидрологических материалов, основными из которых являются следующие.

1. Метеорологические прогнозы различной заблаговременности: на 30 сут, на 5...7 сут, на 3 сут, на 1 сут.

2. Гидрологические прогнозы (прогнозы режима вод рек, водохранилищ и других водных объектов).

3. Агрометеорологические прогнозы.

4. Предупреждения об опасных гидрометеорологических явлениях.

5. Информация о текущих агрометеорологических условиях и их влиянии на перезимовку, рост, развитие и формирование урожая сельскохозяйственных культур и трав, на проведение полевых работ и выпас скота на пастбищах.

6. Рекомендации по дифференцированному применению агротехнических мероприятий в зависимости от сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий.

7. Режимная, или агроклиматическая, информация. Основные формы обеспечения потребителей агрометеорологической информацией:

ежедневный гидрометеорологический бюллетень;

декадный агрометеорологический бюллетень; сводка «Основные агрометеорологические особенности декады»;

доклад «О гидрометеорологических условиях (за прошедшие месяц) и их влиянии на деятельность народного хозяйства»;

обзор агрометеорологических условий за сельскохозяйственный год;

агрометеорологические ежегодники;

агрометеорологические справки, рекомендации и устные консультации;

выступления по радио, телевидению, публикации агрометеорологических обзоров в газетах.

Агроклиматическая информация представлена в форме климатических и агроклиматических справочников, карт, атласов и т. п.

Например, имеются «Агроклиматические справочники» и монографии «Агроклиматические ресурсы» по всем областям, краям и республикам. Кроме того, изданы «Агроклиматический атлас мира», «Агроклиматические ресурсы СССР», «Атлас запасов продуктивной влаги в почве» и др.

Вся эта обширная, многоплановая гидрометеорологическая и агрометеорологическая информация в той или иной форме может быть использована для решения различных сельскохозяйственных задач.

Своевременное получение и правильное использование гидрометеорологической и агрометеорологической информации способствует увеличению доходов хозяйств при благоприятно складывающихся погодных условиях и снижению потерь при неблагоприятных ситуациях.

1.4 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ по дисциплине «Агрометеорология»

для студентов агроэкологического факультета
специальностей 1-74 02 05 *Агрохимия и почвоведение*,
1-74 02 03 *Защита растений и карантин*, 1-74 02 04 *Плодоовощеводство*,
1-74 02 04 *Плодоовощеводство (ССО)*,
1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*
и для студентов агробиологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

1. Применение энергии ветра и воды в сельском хозяйстве.
2. Направления совершенствования тепловых двигателей и повышения их кпд. Тепловые двигатели и охрана природы (экология).
3. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение. Диффузия в клетках.
4. Осмос. Растительная клетка как осмическая система. Закон Вант-Гоффа. Вязкость биологических систем.
5. Учет теплопроводности почвы в земледелии. Сравнение теплопроводности различных почв в зависимости от их состава и структуры.
6. Практические способы изменения теплопроводности почвы (полив, механическая обработка, внесение удобрений). Зависимость теплопроводности почвы от содержания в ней воды.
7. Испарение и конденсация. Кипение. Влажность воздуха и методы ее измерения. Значение влажности в живой природе и технике. Влажность и погода. Образование тумана, росы, облаков. Точка росы.
8. Использование явлений испарения и конденсации в сельскохозяйственном производстве. Методы создания и регулирования микроклимата в теплицах и хранилищах.
9. Использование конвекции для сушки сельскохозяйственных продуктов.
10. Практические способы увеличения интенсивности испарения воды в зерносушилке.
11. Охлаждение жидкости при испарении, терморегуляции растений. Зависимость температуры почвы от интенсивности испарения ею воды. Способы измерения испарения влаги из почвы.
12. Смачивание и несмачивание. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа. Капиллярные явления в почве.
13. Изменение притока воды к поверхности почвы в зависимости от приемов обработки почвы (боронование, шлейфование, прикатывание, мелование).
14. Капиллярные явления в растениях. Подъем питательного раствора по стеблю.
15. Предпосевная и предпосадочная обработка семенного материала. Искусственная ионизация воздуха в сельскохозяйственных помещениях (теплицах).
16. Использование электронагрева для тепловой обработки, сушки и хранения сельскохозяйственных продуктов. Электрический обогрев сооружений защищенного грунта.

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Тематические планы лабораторных занятий по дисциплине «Агрометеорология»

для студентов агроэкологического факультета
специальностей 1-74 02 05 *Агрохимия и почвоведение*,
1-74 02 03 *Защита растений и карантин*, 1-74 02 04 *Плодоовощеводство*,
1-74 02 04 *Плодоовощеводство (ССО)*, 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

Темы занятий	Количество часов
1. Лучистая энергия. Актинометрические наблюдения.	2
2. Измерение температуры почвы и воздуха	2
3. Измерение влажности воздуха	2
4. Наблюдение за облаками	4
5. Осадки и испарение	2
6. Атмосферное давление	4
7. Скорость и направление ветра	2
Всего	18

для студентов агробиологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

Темы занятий	Количество часов
1. Лучистая энергия. Актинометрические наблюдения.	2
2. Измерение температуры почвы и воздуха	
3. Измерение влажности воздуха	
4. Наблюдение за облаками	
5. Осадки и испарение	2
6. Атмосферное давление	
7. Скорость и направление ветра	
Всего	4

2.2 Методические указания по выполнению лабораторных работ

Лабораторная работа №1.

Лучистая энергия. Актинометрические наблюдения.

Цель работы. Измерение лучистой энергии, падающей на горизонтальную и вертикальную поверхности.

Приборы и принадлежности: термоэлектрический актинометр и пиранометр.

Лучистая энергия Солнца – неперенное условие существования зеленых растений. Она необходима для создания органического вещества в процессе фотосинтеза и оказывает влияние на рост и развитие растений, форму, расположение и строение листьев, на продолжительность вегетации, химический состав, качество и количество урожая и на ряд свойств растений – зимостойкость, засухоустойчивость и др.

Лучистая энергия Солнца, являясь основным источником тепла, обуславливает жизнь на Земле во всем ее многообразии. Особо важную роль она играет в биологических процессах.

На растения влияют интенсивность солнечной радиации, спектральный состав ее, продолжительность освещения. Поэтому для ведения сельского хозяйства на высоком научном уровне необходимы сведения о величинах радиационного баланса и его составляющих, фотосинтетически активной радиации (ФАР), продолжительности солнечного сияния и освещенности.

1.1. Потоки лучистой энергии и единицы измерения

Прямая радиация S – часть солнечного излучения, приходящего на земную поверхность непосредственно от диска солнца. Количество прямой радиации, поступающей в единицу времени на единицу поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, называется *энергетической освещенностью*.

Инсоляция S' – энергетическая освещенность прямой радиации, поступающая на горизонтальную поверхность, она вычисляется по формуле

$$S' = S \sin h, \quad (1)$$

где h – высота солнца над горизонтом в градусах.

Рассеянная радиация D – часть солнечного излучения, рассеянного атмосферой и поступающей от всего небосвода, исключая диск солнца. Измеряется она количеством энергии, приходящей в единицу времени на единицу горизонтальной поверхности.

Суммарная радиация Q – сумма прямой S' (на горизонтальную поверхность) и рассеянной D радиации:

$$Q = S' + D. \quad (2)$$

Отраженная радиация R_k . Поступая на земную поверхность, суммарная радиация не полностью поглощается ею, а частично отражается. Часть суммарной радиации, отражающаяся от земной поверхности, называется отраженной радиацией. Ее измеряют количеством энергии, поступающей в единицу времени на единицу горизонтальной поверхности, обращенной к земле. На практике чаще определяют отражательную способность, или альбедо.

Альбедо A_k – это отношение отраженной солнечной радиации к суммарной радиации, выражаемое обычно в процентах:

$$A_k = \frac{R_k}{Q} \cdot 100. \quad (3)$$

Прямая, рассеянная и отраженная радиация составляет коротковолновую радиацию.

Баланс коротковолновой радиации B_k , или поглощенная часть коротковолновой радиации, от которой зависит нагревание земной поверхности, представляет собой разность между суммарной Q и отраженной R_k радиацией:

$$B_k = Q - R_k. \quad (4)$$

Эффективное излучение. Земля и атмосфера поглощают коротковолновую радиацию, нагреваются и сами непрерывно излучают энергию в окружающее пространство. Это длинноволновая радиация. Разность между земным излучением E_z и встречным излучением атмосферы E_a называется эффективным излучением $E_{эф}$:

$$E_{эф} = E_z - E_a. \quad (5)$$

Радиационный баланс деятельной поверхности B – разность между приходом и расходом радиации на этой поверхности:

$$B = S' + D - R_k - E_{эф}. \quad (6)$$

Ночью радиационный баланс выражается балансом только длинноволновой радиации, который равен эффективному излучению, взятому с обратным знаком:

$$B = E_a - E_z = -E_{эф}. \quad (7)$$

Фотосинтетически активная радиация ФАР. Часть лучистой энергии солнца, которую растения усваивают в процессе фотосинтеза, называется фотосинтетически активной радиацией. Наиболее интенсивно растения поглощают сине-фиолетовые и оранжево-красные лучи с длинами волн 0,38–0,48 и 0,65 – 0,68 мкм. На практике поступающую от солнца ФАР измеряют фитопианометром или рассчитывают по данным измерений актинометра и пианометра.

Для расчета ФАР используют уравнение, предложенное Б. И. Гуляевым, Х.Г.Тоомингом и Н.А.Ефимовой:

$$\sum Q_{фар} = 0,43 \sum S' + 0,57 \sum D, \quad (8)$$

где $\sum S'$ – сумма прямой радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м².

В процессе фотосинтеза на создание органического вещества в обычных посевах используется 1,5–3 % ФАР. При оптимальной структуре, минеральном и водном питании посевы могут использовать до 8–10 % ФАР.

Энергетическая освещенность выражается в ваттах на 1 м² (Вт/м²). В практической актинометрии до недавнего времени энергетическая освещенность выражалась в калориях за 1 мин на 1 см² (кал/(мин·см²)). Соотношение между единицами измерений следующее:

$$1 \text{ кал}/(\text{мин} \times \text{см}^2) = 698 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Сумма радиации, поступающей на единицу площади за тот или иной промежуток времени, измеряется в джоулях на 1 м² или в мегаджоулях на 1 м² (1 кал/см² = 4,19 · 10⁴ Дж/м²).

Продолжительность солнечного сияния и освещенность. Большое значение для фотосинтеза и других физиологических процессов имеют продолжительность солнечного сияния и освещенность.

Продолжительность солнечного сияния – время, в течение которого на земную поверхность поступает прямая солнечная радиация. Выражается она в часах и минутах, а также в процентах от возможного значения, т. е. продолжительности дня.

Освещенность складывается из прямого, рассеянного и отраженного солнечного света. Измеряется она в люксах (лк). Для фотосинтетической деятельности посевов большинства культурных растений оптимальные условия освещенности соответствуют 8000–12000 лк. Особенно чувствительны растения к освещенности в период цветения и плодоношения.

1.2. Методы измерения лучистой энергии

Для измерения энергетической освещенности применяются актинометрические приборы различной конструкции. Все они подразделяются на абсолютные и относительные.

Абсолютные приборы по устройству и обращению довольно сложны. Применяются они преимущественно для проверки относительных приборов. Из относительных приборов наибольшее распространение имеют термоэлектрические, в конструкции которых используется термоэлектрический принцип, основанный на зависимости силы термотока от разности температуры спаев.

Приемником термоэлектрических приборов служат термобатареи из спаев двух металлов. Разность температур спаев создается в результате их различной поглощательной способности или помещения спаев в разные радиационные условия.

В термоэлектрическом приемнике (рис. 1) спай 1 покрывается платиновой чернью или сажей, а спай 2 – окисью магния (белый цвет). В термозвездочке (рис. 2) одни спаи облучаются (спай 2), другие – затеняются (спай 3). В результате неодинаково-

го нагревания спаев создается разность температур и в цепи возникает термоток, который измеряется гальванометром.

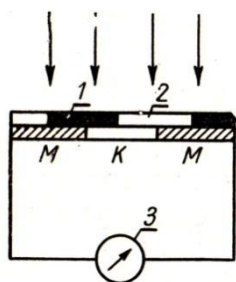


Рис. 1. Схема термоэлектрического приемника:

1 — зачерненный спай;
2 — белый спай;
3 — гальванометр

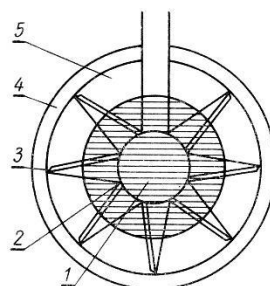


Рис. 2. Схема термозвездочки актинометра:

1 — диск из серебряной фольги;
2 — внутренние спай;
3 — внешние спай;
4 — медный диск;
5 — изоляционная прокладка

Так как разность температур спаев обусловлена поступающей радиацией, то энергетическая освещенность будет пропорциональна силе термоэлектрического тока:

$$S = aN, \quad (9)$$

где N — отклонение стрелки гальванометра, дел.;

a — переводный множитель, Вт/(м²·дел.).

В паре с термоэлектрическими приборами применяется стрелочный гальванометр типа ГСА-1.

Переводный множитель для каждой такой пары определяют путем сравнения с контрольным прибором или рассчитывают по электрическим характеристикам, содержащимся в сертификатах гальванометра и актинометрического прибора:

$$a = \frac{\alpha}{1,43k} (R_0 + R_{\Gamma} + R_{\text{доб}}), \quad (10)$$

Где a — переводный множитель;

α — цена деления шкалы гальванометра, мкА;

k — чувствительность термоэлектрического прибора, мВ на Вт/м²;

R_0 — сопротивление термобатареи, Ом;

R_{Γ} — внутреннее сопротивление гальванометра, Ом;

$R_{\text{доб}}$ — добавочное сопротивление гальванометра, Ом.

Термоэлектрические приборы благодаря простоте устройства, большой точности и малой инерции (15–40 с) получили широкое распространение в наблюдении на метеорологических станциях и в полевых условиях.

Для измерений интенсивности прямой солнечной радиации используют актинометры: а) рассеянной и суммарной радиации – пиранометры; б) отражательной способности – альбедометры; в) радиационного баланса – балансомеры.

При работе с актинометрическими приборами записывают среднее солнечное время t_m начала и конца наблюдений с точностью до 1 мин, вычисляют среднее солнечное время середины наблюдений и переводят его в истинное солнечное время, отмечают облачность, состояние солнечного диска и атмосферное явление.

Отсчеты по гальванометру производят с точностью до 0,1 деления шкалы гальванометра, а шкаловую поправку в показания гальванометра вводят в том случае, если ее значение не меньше 0,5 деления шкалы. Радиационный баланс и его составляющие вычисляют с точностью до 0,01 Вт/м².

1.3. Измерение прямой радиации

Для измерения прямой солнечной радиации наибольшее распространение получил **термоэлектрический актинометр М-3 (АТ-50)**.

Устройство актинометра. Приемником актинометра служит диск 1 из серебряной фольги (см. рис. 2). Со стороны, обращенной к солнцу, диск зачернен, а с другой стороны к нему подклеены через изоляционную бумажную прокладку внутренние спаи 2 термозвездочки из манганина и константана. Внешние спаи 3 термозвездочки через изоляционную бумажную прокладку 5 подклеены к медному диску 4, зажатому в массивном медном корпусе со скобами, к которым присоединены выводы термобатареи и мягкие провода 9 (рис. 3). Корпус со скобами закрыт кожухом 10, закрепленным гайкой 8, и соединен винтом 12 с медной трубкой 15.

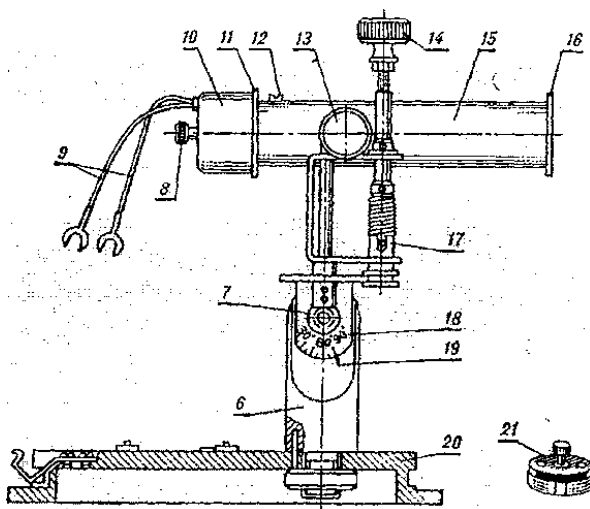


Рис. 3. Термоэлектрический актинометр М-3:

1–5 – см. рис. 4; 6 – стойка; 7, 12, 13 – винты; 8 – гайка; 9 – провода;
10 – кожух; 11, 16 – кольца; 14 – рукоятка; 15 – трубка; 17 – штатив;
18 – шкала широт; 19 – риска; 20 – плата; 21 – крышка

Внутри трубки имеется пять диафрагм, расположенных в порядке уменьшения их диаметра от 20 до 10 мм по направлению к корпусу. Диаграммы удерживаются распоркой и пружинящей шайбой, установленными между корпусом и наименьшей диафрагмой. С внутренней стороны диафрагмы зачернены.

На концах трубки расположены кольца 11 и 16, имеющие приспособление для нацеливания актинометра на солнце. На кольце 16 есть отверстие, а на кольце 11 – точка. При правильной установке пучок света, проходящий через отверстие, должен точно падать на точку кольца 11. Трубка закрывается съемной крышкой 21, которая служит для определения нулевого положения стрелки гальванометра и защищает приемник от загрязнения.

Трубка 15 соединяется со стойкой 6, укрепленной на плате 20 параллактическим штативом 17 с рукояткой 14. Для установки оси штатива соответственно широте места служит шкала 18, риска 19 и винт 7.

У с т а н о в к а. Вначале ось штатива устанавливают по широте места наблюдений. Для этого, ослабив винт 7, поворачивают ось штатива до совпадения деления шкалы 18, соответствующего данной широте, с риской 19 и закрепляют ось в этом положении. Затем актинометр устанавливают на горизонтальной подставке так, чтобы стрелка на плате была направлена на север. Затем приемник ориентируют на солнце. Достигается это ослаблением винта 13 и вращением рукоятки 14 до тех пор, пока пучок света через отверстие кольца 16 не попадет на точку кольца 11.

После установки актинометра при открытой крышке и освобожденном арретире гальванометра его присоединяют к клеммам гальванометра (+) и (С), соблюдая полярность. Если стрелка гальванометра отклоняется за нуль, провода меняют местами.

И з м е р е н и я. За 1 мин до начала измерений проверяют наведение приемника актинометра на солнце. После этого крышку закрывают и по гальванометру делают отсчет нулевого положения стрелки N_0'' . Затем снимают крышку, проверяют точность нацеливания на солнце, три раза отсчитывают показания гальванометра с интервалом в 10–15 с (N_1, N_2, N_3) и, закрыв крышку, через 1–2 мин еще раз отсчитывают нулевое положение стрелки гальванометра N_0'' . После измерений прибор закрывают крышкой футляра. Данные измерений заносят в табл. 1.

О б р а б о т к а и з м е р е н и й. Из двух отсчетов нулевого положения стрелки гальванометра и трех отсчетов показаний гальванометра определяют средние значения N_0 и $\bar{N}$ с точностью до 0,1:

$$N_0 = \frac{N'_0 + N''_0}{2}; \quad \bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3}. \quad (11)$$

Т а б л и ц а 1. Результаты измерений прямой радиации

Номер отсчета	Отсчеты по гальванометру, дел.		N	S , Вт/м ²
	Место нуля	Прямой радиации		

Для получения фактического показания гальванометра N по среднему значению $\bar{N}$ определяют поправку ΔN (табл. 2) и высчитают среднее нулевое положение стрелки гальванометра N_0 :

$$N = \bar{N} \pm \Delta N - N_0. \quad (12)$$

Т а б л и ц а 2. Шкаловые поправки к гальванометру

Деление шкалы	5	10	15	20	30	40
Поправка	–0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2

Для выражения прямой радиации s (в Вт/м²) показания гальванометра N умножают на переводный множитель $a = 0,03$.

$$S = aN. \quad (13)$$

Прямую радиацию на горизонтальную поверхность вычисляют по формуле (1)
 $S' = S \sin h$.

Высоту солнца над горизонтом h и $\sin h$ можно определить по формуле

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \theta, \quad (14)$$

где φ – географическая широта места;

δ – склонение солнца;

θ – часовой угол солнца, представляющий собой истинное солнечное время, считаемое от полудня, выражается в градусах: $\theta = 15^\circ (t_{\text{ист}} - 12 \text{ ч})$.

1.4. Измерение рассеянной и суммарной радиации

Для измерения рассеянной и суммарной радиации служит **пиранометр М-80М**.

У с т р о й с т в о п и р а н о м е т р а (рис. 4). Приемником пиранометра является квадратная термобатарея 5, состоящая из последовательно спаянных манганиновых и константановых полос, положенных так, что спаи располагаются в середине и на

поворотах. С внешней стороны поверхность термобатареи покрыта сажей и магниезией. Четные спаи термобатареи окрашены в белый цвет, нечетные – в черный. Черные и белые участки расположены в шахматном порядке. Через изоляционную бумажную прокладку термобатарея прикреплена к ребрам плитки, привинченной к корпусу 6. Для подсоединения пиранометра к гальванометру выводы термобатареи подведены к клеммам, расположенным на нижней стороне корпуса. Сверху корпус закрыт стеклянным полусферическим колпаком 7 для защиты термобатареи от ветра и осадков.

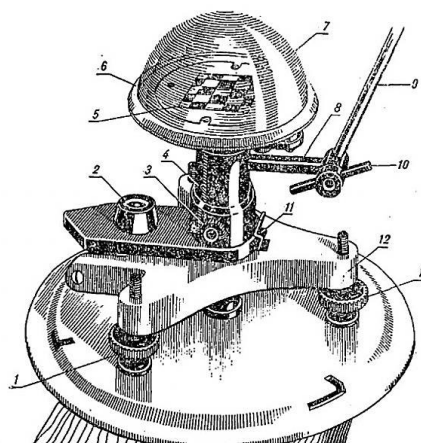


Рис. 4. Термоэлектрический пиранометр М-80М:

1 – установочные винты; 2 – уровень; 3, 10 – винты; 4 – стойка; 5 – термобатарея; 6 – корпус; 7 – стеклянный колпак; 8 – стержень; 9 – трубка; 11 – пружина; 12 – тренога

Корпус с термобатареей и стеклянным колпаком составляет головку пиранометра, которая привинчена к стойке 4 с откидной платой. Для предохранения термобатареи и стеклянного колпака от возможной конденсации водяного пара внутри стойки имеется стеклянная сушилка с химическим поглотителем влаги (металлический натрий, силикагель и др.).

Откидная плата пружиной 11 соединяется с треногой 12, которая укреплена на основании футляра и имеет два установочных винта 1. При измерении рассеянной или суммарной радиации головку пиранометра устанавливают горизонтально по уровню 2 вращением винтов 1. Для затенения головки пиранометра от прямых солнечных лучей служит теневой экран, диаметр которого равен диаметру стеклянного колпака. Теневой экран укреплен на трубке 9, которая винтом 10 соединена с горизонтальным стержнем 8.

При затенении приемника пиранометра теневым экраном измеряется рассеянная, а без затенения – суммарная радиация. К пиранометру прилагается металлическая крышка, которой закрывают приемник для определения нулевого показания стрелки гальванометра, а между сроками наблюдений – для защиты колпака от повреждений.

У с т а н о в к а. Прибор устанавливают на открытой площадке на высоте 1,5 м от поверхности участка. Перед наблюдением проверяют наличие осушителя в стеклянной сушилке (1/3 сушилки должна быть заполнена осушителем). Затем трубку с теньевым экраном присоединяют к стержню 8.

К солнцу пиранометр поворачивают всегда одной и той же стороной, отмеченной номером на головке. Для поворота головки пиранометра номером к солнцу винт 3 слегка ослабляют, а после поворота опять закрепляют. Горизонтальность термобатареи проверяют по уровню 2 и в случае нарушения ее регулируют установочными винтами 1.

Гальванометр для измерения силы термотока устанавливают с северной стороны от пиранометра на таком расстоянии, чтобы наблюдатель при отсчетах не затенял пиранометр не только от прямых солнечных лучей, но и от участков небесного свода. Правильность подключения пиранометра к гальванометру проверяют при снятой крышке пиранометра и освобожденном арретире гальванометра. При отклонении стрелки за нуль шкалы провода меняют местами.

И з м е р е н и я. Непосредственно перед измерением проверяют правильность установки прибора по уровню и относительно солнца.

Для отсчета нулевого показания гальванометра головку пиранометра закрывают крышкой и записывают показания гальванометра N'_0 . После этого крышку пиранометра снимают и делают серию отсчетов с интервалом 10–15 с.

1. Измерение рассеянной радиации. Для этого при затененном пиранометре делают три отсчета – N_1, N_2, N_3 .

О б р а б о т к а и з м е р е н и й. Из отсчетов по гальванометру определяют средние значения нулевого положения стрелки гальванометра и средние значения рассеянной радиации: $N_0 = \frac{N'_0 + N''_0}{2}$, $\bar{N}_D = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3}$.

Затем вводят шкаловые поправки ΔN_D из поверочного свидетельства гальванометра (табл. 3), вычитают нулевое показание стрелки гальванометра и получают исправленные значения N_D :

$$N_D = \bar{N}_D \pm \Delta N_D - N_0.$$

Для определения рассеянной радиации D (в Вт/м²) показания гальванометра N_D умножают на переводный множитель $a = 0,03$.

$$D = aN_D.$$

Все показания прибора записывают в табл. 4.

Т а б л и ц а 3. Шкаловые поправки к гальванометру

Деление шкалы	5	10	15	20	30	40
Поправка	–0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2

Т а б л и ц а 4. Результаты измерений рассеянной радиации

Время	Номер отсчета	Отсчеты по гальванометру, дел.		D , Вт/м ²
		Место нуля	Рассеянной радиации	

2. Измерение суммарной радиации. Измеряют суммарную радиацию, для этого при незатененном положении (теневого экран опускают ослаблением винта 10) делают также три отсчета – N_4 , N_5 , N_6 . После измерений трубку с теньевым экраном отвинчивают и пиранометр закрывают крышкой футляра. Все показания прибора записывают в табл.5.

Т а б л и ц а 5. Результаты измерений суммарной радиации

Время	Номер отсчета	Отсчеты по гальванометру		Q , Вт/м ²
		Место нуля	Суммарной радиации	

Обработка измерений. Из отсчетов по гальванометру определяют средние значения нулевого положения стрелки гальванометра и средние значения суммарной радиации:

$$N_0 = \frac{N'_0 + N''_0}{2}; \quad \bar{N}_Q = \frac{N_4 + N_5 + N_6}{3}.$$

Затем вводят шкаловые поправки ΔN_Q из поверочного свидетельства гальванометра (см. табл. 3), вычитают нулевое показание стрелки гальванометра и получают исправленные значения N_Q :

$$N_Q = \bar{N}_Q \pm \Delta N_Q - N_0.$$

Для определения суммарной радиации Q (в Вт/м²) учитывают еще поправочный множитель на высоту солнца F_h . Этот поправочный множитель дается в поверочном свидетельстве в форме графика: на оси абсцисс нанесена высота солнца над горизонтом, а по оси ординат – поправочный множитель.

С учетом поправочного множителя на высоту солнца суммарную радиацию определяют по формуле

$$Q = a[(N_Q - N_D)F_h + N_D].$$

1.5. Определение альбедо

Для измерения в походных условиях суммарной, рассеянной и отраженной радиации применяется **походный альбедометр М-69**.

На практике он используется главным образом для определения альбедо деятельности поверхности.

1.6. Выполнение работы

1. Изучите устройство, установку и правила измерения термоэлектрического актинометра.

2. Произведите измерения по термоэлектрическому актинометру или пиранометру (по указанию преподавателя).

3. Выполните измерения по термоэлектрическому актинометру.

а) За 1 мин до начала измерений проверьте наведение приемника актинометра на солнце. После этого крышку закройте и по гальванометру сделайте отсчет нулевого положения стрелки N'_0 .

б) Снимите крышку, проверьте точность нацеливания на солнце, три раза отсчитайте показания гальванометра с интервалом в 10–15 с (N_1 , N_2 , N_3). Данные измерений заносят в табл. 1.

в) Закрыв крышку, через 1–2 мин еще раз отсчитайте нулевое положение стрелки гальванометра N''_0 . После измерений прибор закрывают крышкой футляра.

г) Из двух отсчетов нулевого положения стрелки гальванометра N'_0 и N''_0 определите средние значения с точностью до 0,1:

$$N_0 = \frac{N'_0 + N''_0}{2}. \quad (11)$$

д) Из трех отсчетов показаний гальванометра N_1 , N_2 и N_3 определите средние значения $\bar{N}$ с точностью до 0,1:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3}. \quad (12)$$

е) Определите поправку ΔN по среднему показанию гальванометра (в делениях шкалы) с помощью табл. 2.

ж) Рассчитайте фактическое показание гальванометра N по формуле (13), используя результаты расчетов по формулам (12), (11) и значение поправки ΔN :

$$N = \bar{N} \pm \Delta N - N_0. \quad (13)$$

з) Выразите прямую радиацию S (в Вт/м²), для этого показания гальванометра N умножают на переводный множитель $a = 0,03$:

$$S = aN . \quad (14)$$

4. Изучите устройство, установку термоэлектрического пиранометра.

5. Выполните измерения по термоэлектрическому пиранометру.

а) Перед измерением проверьте правильность установки прибора по уровню и относительно солнца.

б) Для отсчета нулевого показания гальванометра головку пиранометра закройте крышкой и запишите показания гальванометра N'_0 .

в) Крышку пиранометра снимите и сделайте при затененном пиранометре три отсчета: N_1, N_2, N_3 с интервалом 10 – 15 с. Результаты измерений занесите в табл. 4.

г) Закройте крышку пиранометра и сделайте еще один отсчет нулевого положения стрелки N''_0 .

д). Из отсчетов по гальванометру определите средние значения нулевого положения стрелки гальванометра:

$$N_0 = \frac{N'_0 + N''_0}{2} . \quad (15)$$

е) Определите средние значения рассеянной радиации из отсчетов по гальванометру N_1, N_2, N_3 :

$$\bar{N}_D = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3} . \quad (16)$$

ж) Определите шкаловую поправку ΔN_D из поверочного свидетельства гальванометра (табл. 3).

з) По формуле (17) получите исправленные значения N_D с учетом значений, полученных по формулам (15) и (16), и шкаловой поправки ΔN_D :

$$N_D = \bar{N}_D \pm \Delta N_D - N_0 . \quad (17)$$

и) Для определения рассеянной радиации D (в Вт/м²) показания гальванометра N_D умножьте на переводный множитель $a = 0,03$:

$$D = aN_D . \quad (16)$$

Все результаты расчетов записывают в табл. 4.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение основных потоков лучистой энергии.
2. Что понимают под радиационным балансом деятельной поверхности и как он определяется?
3. Какое излучение называется эффективным?
4. Дайте определение фотосинтетически активной радиации (ФАР) и запишите формулу для расчета ФАР.
5. В каких единицах измеряется лучистая энергия?

6. Какие величины следует измерить, чтобы вычислить альбедо?
7. Назовите приборы для измерения солнечной радиации и объясните их принцип действия?

Лабораторная работа №2. Измерение температуры почвы и воздуха

Цель работы. Изучение устройства и правил установки термометров, применяемых для измерения температуры почвы и воздуха.

Приборы и принадлежности: термометры, мерзлотомер.

2.1. Виды термометров

Для измерения температуры воздуха и почвы наибольшее применение имеют жидкостные, термоэлектрические, деформационные термометры и электротермометры сопротивления.

Жидкостные термометры основаны на принципе изменения объема жидкости с изменением температуры. В качестве жидкости в таких термометрах чаще всего используют ртуть или спирт.

Инерция жидкостных термометров – 3–7 мин. Для некоторых термометров (термометр-щуп, вытяжной термометр) инерцию искусственно завышают до 15–20 мин, так как отсчеты по ним производят вынимая из почвы, т.е. в другой среде. Погрешность измерения составляет 0,2–0,5°C.

В показания жидкостных термометров необходимо вводить шкаловые поправки, которые указаны в поверочном свидетельстве каждого термометра. Термометры для измерения температуры воздуха устанавливают в защитной психрометрической будке БП-1 (рис.5) . Стенки психрометрической будки 1 состоят из двойных жалюзи, расположенных одна над другой на расстоянии 25 мм под углом 45° к горизонтальной плоскости.

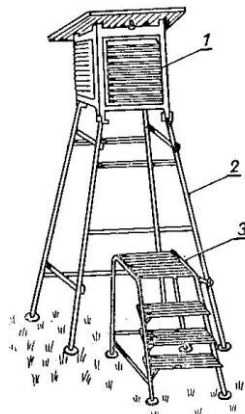


Рис. 5. Психрометрическая будка БП-1:
1 – будка; 2 – подставка; 3 – лесенка

Жалюзийные стенки защищают термометры от прямого попадания солнечных лучей и вместе с тем не препятствуют свободному доступу воздуха. Одна из жалюзийных стенок укреплена на петлях и открывается (дверца). Потолок будки сплошной, но для уменьшения нагревания над потолком укреплена крыша, имеющая небольшой наклон. Дно будки состоит из трех досок. Средняя доска укреплена немного выше крайних и перекрывает зазор между ними.

Будка ориентируется дверцей на север, чтобы во время измерения на термометры не падали солнечные лучи, и укрепляется на подставке 2 высотой 175 см. Для удобства отсчетов около будки устанавливают лесенку 3. Для уменьшения нагрева будку, подставку и лесенку окрашивают в белый цвет.

Внутри будки к средней доске прикреплен штатив, на котором устанавливают вертикально два психрометрических термометра: слева – сухой, по которому отсчитывают температуру воздуха, справа – смоченный. Максимальный и минимальный термометры располагают резервуарами к востоку на особые дугообразные лапки, прикрепленные к нижней перекладине штатива; на верхнюю пару лапок кладут с небольшим наклоном в сторону резервуара максимальный термометр, на нижнюю – минимальный (горизонтально).

И з м е р е н и я. На время измерений открывают дверцу будки и по возможности быстро отсчитывают показания термометров с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$ в таком порядке: сухой, смоченный, минимальный (спирт), максимальный, минимальный (штифт). После этого максимальный термометр встряхивают, а штифт минимального термометра подводят к мениску спирта. Для большей точности по всем термометрам вначале отсчитывают десятые доли, а потом целые градусы.

На агрометеопостах для установки термометров может быть использована более простая защита – будка Селянинова (рис. 6). Она меньше размером и стенки ее состоят из одного ряда жалюзи. На специальной деревянной подставке в ней располагают горизонтально три термометра: срочный, максимальный и минимальный. Буд-

ку Селянинова устанавливают так, чтобы резервуары термометров были на высоте 1,5 м от почвы. Будку и подставку окрашивают в белый цвет.

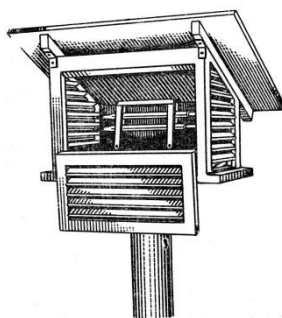


Рис. 6. Будка Селянинова

Температуру воздуха среди растений измеряют аспирационным психрометром, который приспособлен для работы в полевых условиях.

Термоэлектрические термометры основаны на изменении электродвижущей силы термоэлементов, возникающей вследствие разности температур спаев. Термоэлементы часто изготавливают из меди и константана. Преимущество этих термометров перед жидкостными состоит в том, что ими можно производить измерения во всем диапазоне температур, учитывающихся в метеорологии. Инерция их составляет 30–100 с, а погрешность измерения равна 0,5–1,0°C.

Электротермометры сопротивления основаны на принципе изменения электрического сопротивления материалов. Датчики термометров сопротивления могут быть металлическими, проволочными и полупроводниковыми. Термометры сопротивления широко применяются для дистанционных измерений. Инерция их мала (есть приборы с инерцией около 1с), погрешность измерения – около 0,2°C.

Деформационные термометры основаны на принципе измерения линейных размеров твердых тел с изменением температуры. Приемником таких термометров является биметаллическая пластинка или пружина из инвара и стали. Инерция деформационных термометров составляет 3–10 мин, а погрешность измерения – не менее 0,5°C.

2.2. Измерение температуры поверхности почвы

Для измерения температуры поверхности почвы используются жидкостные термометры: срочный, максимальный и минимальный.

Срочный термометр ТМ-3 применяется для измерения температуры поверхности почвы в данный момент. Это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром. Деления на его шкале нанесены через 0,5°C.

Максимальный термометр ТМ-1 служит для измерения самой высокой (максимальной) температуры за период между сроками наблюдений. Максимальный термометр – ртутный с цилиндрическим резервуаром. Цена деления шкалы равна $0,5^{\circ}\text{C}$. Рабочее положение термометра горизонтальное (резервуар слегка опущен). Максимальные показания термометра сохраняются благодаря наличию штифта 2, укрепленного ко дну резервуара 1, создающего сужение при выходе из резервуара в капилляр 3 (рис.7).

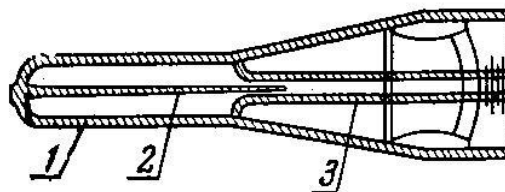


Рис. 7. Приспособление для сохранения максимальных показаний термометра:
1 – резервуар; 2 – штифт; 3 – капилляр

При повышении температуры ртуть из резервуара поднимается по капилляру за счет силы расширения ртути, которая превышает силы трения в месте сужения. При понижении температуры ртуть из капилляра не может вернуться в резервуар, так как силы трения в месте сужения значительно больше сил молекулярного сцепления. В результате этого в месте сужения происходит разрыв ртути и таким образом фиксируется максимальное значение температуры за данный промежуток времени.

Максимальный термометр после отсчета и записи показаний встряхивают, после встряхивания делают повторный отсчет и термометр кладут на прежнее место.

Минимальный термометр ТМ-2 применяется для измерения самой низкой температуры за период между сроками наблюдений.

Это термометр спиртовой с ценой деления $0,5^{\circ}\text{C}$. Рабочее положение горизонтальное. Резервуар термометра цилиндрический или в виде вилки. Минимальные показания термометра определяют по находящемуся в капилляре 1 внутри спирта легкому штифтику 2, изготовленному из темного стекла с утолщениями на концах (рис.8). При подъеме резервуара штифтик свободно перемещается в спирте, но не выходит из него, так как не может прорвать поверхностную пленку, ограничивающую мениск спирта 3.

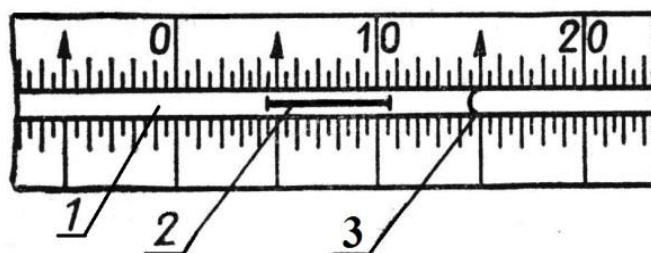


Рис. 8. Приспособление для отсчета минимальных показаний термометра:

1 – капилляр; 2 – штифтик; 3 – мениск спирта

Штифтик подобран таким образом, что силы трения его о стенки капилляра больше сил расширения спирта и меньше сил поверхностного натяжения пленки. Поэтому при повышении температуры спирт, расширяясь, свободно обтекает штифт, а при понижении ее после соприкосновения поверхностной пленки со штифтиком последний перемещается вместе со спиртом в сторону резервуара. Двигается он до тех пор, пока температура понижается. При повышении температуры движение его прекращается. Поэтому положение штифтика дает возможность измерить минимальную температуру между сроками наблюдений. Отсчет берут по концу штифтика, противоположному резервуару.

Летом при высоких температурах почвы минимальный термометр может выйти из строя, поэтому на день его убирают, предварительно отсчитав показания по спирту и штифтику.

Установка термометров. На метеорологических станциях и постах термометры для измерения температуры поверхности почвы устанавливают на открытой площадке размером 4×6 м (рис. 9). Предварительно с площадки удаляют растительный покров и взрыхляют ее. Все три термометра размещают в середине площадки резервуарами на восток, на расстоянии 10–15 см друг от друга в небольших углублениях, сделанных легким вдавливанием термометров в почву, чтобы резервуары и наружная оболочка термометров были наполовину углублены в почву и резервуары плотно прикоснулись к почве.

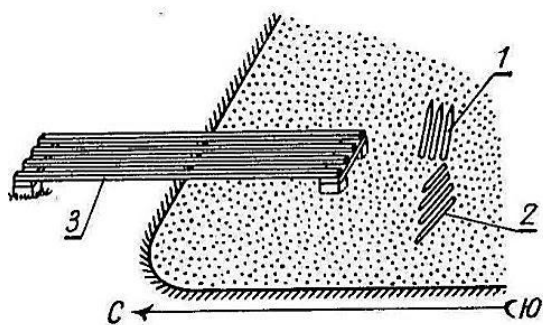


Рис. 9. Площадка для установки термометров

Срочный и минимальный термометры устанавливают горизонтально, а максимальный – с небольшим уклоном в сторону резервуара, чтобы ртуть в капилляре не отходила от резервуара. Перед установкой в минимальном термометре штифтик подводят к мениску спирта поворотом термометра резервуаром вверх, а максимальный термометр встряхивают. Для этого его берут за середину и делают несколько взмахов рукой. После встряхивания показания термометра должны быть близкими к

показаниям срочного. Чтобы не уплотнять почву около термометров, для подхода к ним во время измерений с северной стороны кладут реечный настил 3. В полевых условиях термометры могут быть установлены на паровом поле, а для изучения термического режима среди растений – в междурядьях.

Измерения. Отсчеты производят с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$ на глаз. Вначале отсчитывают показания срочного термометра, затем минимального и максимального.

При обработке в показания минимального термометра наряду со шкаловой поправкой вводят еще добавочную поправку, представляющую собой усредненную месячную разность между показаниями спирта минимального термометра и срочного ртутного термометра.

2.3. Измерение температуры почвы на глубинах

Для измерения температуры почвы на разных глубинах применяют коленчатые термометры, вытяжные термометры или установку М-54-2 и термометры-щупы.

Коленчатые термометры (Савинова) ТМ-5 предназначены для измерения температуры почвы в теплый период на глубинах 5, 10, 15, 20 см (пахотного слоя). В комплект входят четыре термометра, отличающихся по длине нижней части. Коленчатые термометры – ртутные с ценой деления $0,5^{\circ}\text{C}$. Резервуары термометров цилиндрические. Несколько выше резервуара термометры изогнуты под углом 135° (рис. 10).

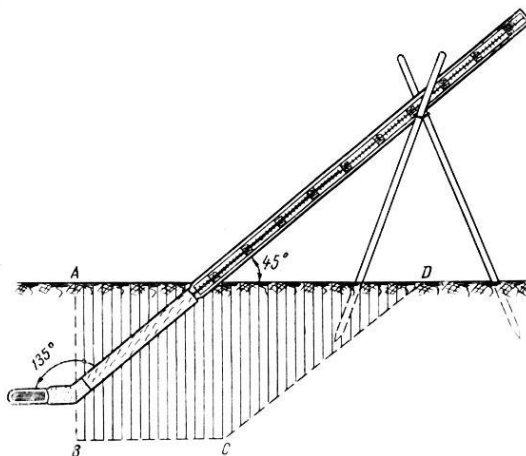


Рис. 10. Установка коленчатых термометров

Нижняя часть стеклянной защитной оболочки от резервуара до начала шкалы наполнена теплоизоляционным материалом, что уменьшает влияние на показания термометра слоя почвы, лежащего над его резервуаром, и тем самым обеспечивает более точное измерение температуры на той глубине, на которой установлен резервуар.

Установка. Коленчатые термометры устанавливают на одной площадке с термометрами для измерения температуры поверхности почвы (см. рис. 9). Высту-

пающие из почвы части термометров располагают с востока на запад в порядке возрастания глубин на расстоянии около 10 см друг от друга.

Для установки коленчатых термометров выкапывают траншейку в виде трапеции АВСД. Направление ее не точно по линии восток–запад, а с отклонением от этой линии к северу примерно на 30° . Одна сторона АВ траншейки отвесная. В ней на заданной глубине делают углубления, параллельные поверхности почвы. В эти углубления вдавливают резервуары термометров до самого изгиба. Для контроля установки проверяют угол наклона выступающей части термометров к поверхности почвы. Этот угол должен быть равен 45° . Затем траншею засыпают землей, сохраняя последовательность вынутых пластов, и для устойчивости выступающую часть термометров подпирают рогаткой.

Отсчеты по термометрам производят с точностью до $0,1^\circ\text{C}$.

Термометр-щуп АМ-6 служит для измерения температуры почвы в полевых условиях на глубине от 3 до 40 см (рис. 11).



Рис. 11. Термометр-щуп
АМ-6:
1 – ручка; 2 – термометр; 3 –
прорезь; 4 – оправа; 5 – про-
кладка; 6 – наконечник

Термометрическая жидкость в термометре – толуол. Термометр 2 с ценой деления $1,0^\circ\text{C}$ помещается в металлическую оправу 4, нижний конец которой заострен в виде конусообразного наконечника 6. В нем находится резервуар термометра. Чтобы тепло не передавалось от оправы к резервуару термометра, наконечник изолирован от остальной части оправы эбонитовой прокладкой 5. Для лучшего теплового контакта и увеличения инерции термометра его резервуар погружен в медные опилки.

В верхней части оправы имеется прорезь 3, через которую видна шкала термометра. На противоположной стороне оправы нанесены деления в сантиметрах для определения глубины установки термометра (нуль шкалы совпадает с местом расположения резервуара). Верхний конец оправы заканчивается ручкой 1, служащей для упора при погружении термометра в почву.

У с т а н о в к а. Для наблюдений термометр вертикально устанавливают в почву на заданную глубину. Если почва уплотнена, то вначале делают скважину стержнем

соответствующего диаметра на глубину несколько меньше необходимой, а затем в эту скважину опускают термометр, вдавливая его до заданной глубины.

Измерения производят через 10–15 мин после установки с точностью до 0,5 °С.

При установке термометра на небольших глубинах (5–10 см) отсчеты производят, не вынимая его из почвы.

Термометр-щуп переносят и хранят в вертикальном положении.

Вытяжные термометры ТПВ-50. Предназначены для измерений почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см. Они могут использоваться в хозяйствах для измерения температуры в силосных ямах и буртах.

На каждой глубине применяют ртутный термометр с ценой деления 0,2°С. Термометр 2 помещают в специальную оправу 3 с металлическим колпачком 1 (рис.12).

Для лучшего теплового контакта пространство между резервуаром термометра и стенками колпачка заполнено медными опилками. Оправа с термометром крепится на деревянном шесте 4, длина которого зависит от глубины установки термометра. Шест заканчивается колпачком 5 с кольцом.

Деревянный шест с укрепленным на нем термометром в оправе опускают в пластмассовую или эбонитовую трубу 6, имеющую на нижнем конце металлический колпачок 7. Такие трубы, обладающие плохой теплопроводностью, сводят к минимуму обмен теплом между верхними слоями почвы и термометром. Резервуар термометра воспринимает температуру только того слоя почвы, на котором находится металлический колпачок.

При опускании термометра в трубу 6 нужно рассчитать, чтобы он только слегка касался доньшка металлического колпачка 7. Основной упор термометра должен приходиться на колпачок 5, который одновременно закрывает трубу сверху.

Часть трубы, погруженная в землю, окрашивается обычно в зеленый цвет, а выступающая над почвой часть – в белый.

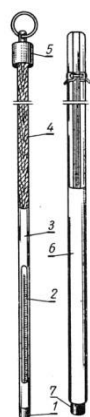


Рис.12. Термометр вытяжной:
1, 7 – металлические колпачки; 2 – термометр; 3 – оправка;
4 – деревянный шест; 5 – колпачок с кольцом; 6 – эбонитовая трубка

Установка. Вытяжные термометры размещают на открытом месте с естественным покровом на расстоянии 3–4 м к востоку от коленчатых термометров. С по-

мощью бура делают скважины нужной глубины и в них устанавливают трубы в один ряд через 50 см в направлении с востока на запад по возрастающей глубине. Трубы должны выступать над поверхностью почвы на 50–100 см во избежание заноса их снегом в зимний период.

После установки труб в них опускают термометры. Чтобы почва вокруг термометров не уплотнялась, отсчет по ним производят со специального откидного помоста, расположенного с северной стороны от термометров на расстоянии 30 см, на одном уровне с верхним концом труб (рис. 13). В период между измерениями помост должен находиться в вертикальном положении.

И з м е р е н и я. Термометр вынимают из трубы за кольцо и быстро отсчитывают показания. Рекомендуется вначале отсчитать десятые доли, а потом целые градусы. Отсчеты по термометрам, расположенным на глубине 80 см и более, производят только один раз в сутки, так как с этой глубины суточные колебания температур затухают. В показания термометров вводят шкаловые поправки.

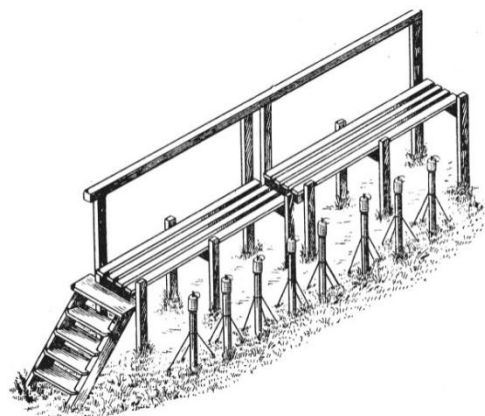


Рис. 13. Установка вытяжных термометров

2.4. Измерение глубины промерзания почвы

Для оценки условий перезимовки растений важное значение имеет промерзание почвы. Глубину промерзания почвы определяют мерзлотомером, который устанавливают на метеорологической площадке и на посевах озимых культур.

Мерзлотомер АМ-21 (рис. 14) состоит из резиновой трубки 2 длиной 150 или 300 см, на которой нанесены деления (цена деления 1 см)

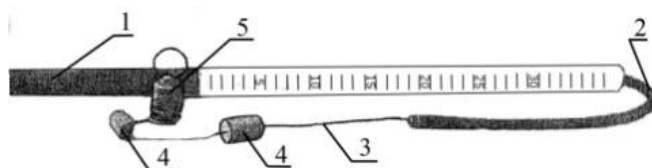


Рис. 14. Мерзлотомер АМ-21:

1 – защитная трубка; 2 – резиновая трубка;

с нулем у верхнего конца, и водонепроницаемой защитной трубки 1, закрытой с нижнего конца. В верхней части трубы, которая выступает из почвы, нанесены деления в сантиметрах для определения высоты снежного покрова.

Резиновая трубка заполняется дистиллированной водой, с обоих концов закрывается капроновыми пробками. Внутри трубки проходит капроновый шнур с узелками, препятствующий передвижению образовавшегося в ней столбика льда. Верхний конец трубки присоединяется с помощью шнура 3, деревянной или пластмассовой штанги к колпачку 5 с кольцом, который плотно закрывает защитную трубку 1.

Если трубка соединяется с колпачком шнуром, то на него надевают теплоизоляционные пробки 4.

У с т а н о в к а. Мерзлотометр устанавливают в почву за 2–3 недели до начала заморозков на площадке около вытяжных термометров и на посевах озимых не более чем в 2–3 м от места установки термометров АМ-17 или АМ-2М-1. Вначале устанавливают в заранее подготовленную скважину защитную трубу так, чтобы нулевое деление ее совпало с поверхностью почвы. Зазоры между стенкой скважины и трубой плотно засыпают землей. Для прочности защитную трубку укрепляют растяжками. После этого в защитную трубу опускают резиновую трубку, заполненную водой и присоединенную к колпачку.

И з м е р е н и я. Отсчеты по мерзлотометру начинают с момента наступления отрицательных температур и продолжают до полного оттаивания почвы. Для измерения глубины промерзания почвы резиновую трубку вытягивают и двумя пальцами прощупывают ее сверху вниз, определяя границы столбика льда. По делениям на трубке отсчитывают глубину промерзания и толщину мерзлого слоя почвы с точностью до 1 см. После измерения резиновую трубку вновь опускают в защитную трубу.

Во время измерения глубины промерзания почвы отмечают также высоту снежного покрова.

2.5. Выполнение работы

1. Изучите устройство психрометрической будки и будки Селянинова для установки термометров.

2. Изучите устройство срочного термометра ТМ-3, минимального ТМ-2, максимального ТМ-1 для измерения температуры поверхности почвы и воздуха, правила их установки, измерений и обработки данных.

3. Изучите устройство коленчатых термометров ТМ-5, термометра-щупа АМ-6, вытяжных термометров ПТВ-50 для измерения температуры почвы на различных

глубинах в стационарных и полевых условиях, правила их установки, измерений и обработки данных.

4. Изучите устройство мерзлотомера АМ-21 для измерения глубины промерзания почвы. Освойте правила установки и измерений по прибору.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит термометр?
2. Назовите виды термометров.
3. Какими жидкостями пользуются для наполнения термометров?
4. В каких случаях следует пользоваться спиртовыми термометрами?
5. Как устроен максимальный термометр и как он устанавливается?
6. Как устроен минимальный термометр и как он устанавливается?
7. Какие термометры применяются для измерения температуры почвы?
8. Как устанавливаются почвенные термометры?
9. Как определяется глубина промерзания почвы?

Лабораторная работа №3. Измерение влажности воздуха

Цель работы. Определение основных характеристик влажности воздуха.

Приборы и принадлежности: аспирационный психрометр, волосной гигрометр.

3.1. Оценка влажности воздуха

Для оценки влажности воздуха на практике используют абсолютную влажность, парциальное давление водяного пара, относительную влажность, дефицит насыщения, точку росы.

Абсолютная влажность a – масса водяного пара, содержащаяся в единице объема воздуха. Выражается она в килограммах на кубический метр или граммах на кубический метр.

Парциальное давление водяного пара e – давление, которое имел бы водяной пар, содержащийся в газовой смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при той же температуре. Парциальное давление водяного пара выражается в гекто-паскалях (гПа): $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм рт.ст.}$

Между абсолютной влажностью a и парциальным давлением водяного пара e существует зависимость

$$a = \frac{0,86e}{1 + \alpha t},$$

где α – коэффициент объемного расширения газа ($1/273$).

Парциальное давление водяного пара может возрастать до определенного предела, который соответствует парциальному давлению водяного пара, находящегося в равновесии с плоской поверхностью воды, и называется *давлением насыщенного водяного пара* E . Вычисленные значения давления насыщенного водяного пара над плоской поверхностью чистой воды и чистого льда для различных температур воздуха приведены в прил. 1.

Относительная влажность f – отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного водяного пара при одних и тех же значениях давления и температуры, выраженное в процентах. Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром при данной температуре:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100. \quad (18)$$

Дефицит насыщения d – разность между давлением насыщенного водяного пара и парциальным давлением водяного пара при одних и тех же значениях давления и температуры:

$$d = E - e. \quad (19)$$

Точка росы t_d – температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, при неизменном давлении достигает насыщения относительно плоской поверхности чистой воды или льда ($e=E$). Для определения точки росы может быть использовано прил. 1. В этом случае по таблице находят значение температуры, соответствующее парциальному давлению водяного пара.

3.2. Методы измерения влажности воздуха

Влажность воздуха может быть измерена несколькими методами. Наибольшее распространение получили психрометрический и гигрометрический методы.

Психрометрический метод основан на зависимости интенсивности испарения с водной поверхности от влажности окружающего воздуха. Влажность воздуха определяется по разности показаний двух одинаковых психрометрических термометров – сухого и смоченного. С поверхности резервуара смоченного термометра происходит испарение. Чем суше воздух, тем интенсивнее испарение с резервуара смоченного термометра и тем ниже его показания по сравнению с сухим термометром.

Парциальное давление водяного пара вычисляется по психрометрической формуле. Если на батисте смоченного термометра вода, то используют формулу

$$e = E'_s - Ap(t - t'). \quad (20)$$

Если же на батисте лед, то применяют формулу

$$e = E'_l - Ap(t - t'), \quad (21)$$

где E'_g , E'_l — давление насыщенного водяного пара над плоской поверхностью чистой воды и чистого льда при температуре смоченного термометра, гПа;

p — атмосферное давление, гПа;

t и t' — температура сухого и смоченного термометров, $^{\circ}\text{C}$;

A — психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха около резервуара смоченного термометра (для стационарного психрометра $A=0,0007947^{\circ}\text{C}^{-1}$, для аспирационного психрометра $A=0,000662^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Гигрометрический метод измерения влажности воздуха основан на использовании гигроскопических свойств обезжиренного человеческого волоса. При изменении влажности воздуха волос меняет свою длину неравномерно (при пониженной влажности быстрее, чем при повышенной) и не каждый одинаково, поэтому в приборах используют только такой волос, изменение длины которого соответствует определенной закономерности.

Аспирационный психрометр МВ-4М очень удобен для измерения влажности воздуха в походных условиях и среди растений. По принципу действия он аналогичен стационарному.

Аспирационный психрометр (рис. 15) состоит из двух одинаковых психрометрических термометров ТМ-6 10 и 11 с резервуарами цилиндрической формы. Резервуар термометра 11 (смоченного) обвязан батистом, обрезанным непосредственно под резервуаром. Термометры закреплены в оправе, состоящей из трубки 9, переходящей в тройник 13, и защитных планок 12. К тройнику с помощью изоляционных пластмассовых втулок 14 присоединены двойные трубки 15 и 16, в которых находятся резервуары термометров. Чтобы уменьшить теплопередачу от наружных трубок, внутренние трубки в верхней части опираются на наружные через изоляционные кольца. Двойные трубки обеспечивают защиту резервуаров от нагревания солнечными лучами.

Верхний конец трубки 9 соединен с головкой аспиратора 8, обеспечивающего всасывание наружного воздуха и обтекание его вокруг резервуаров термометров со скоростью 2 м/с. Пружина аспиратора заводится ключом 6. Для лучшего отражения солнечных лучей металлические части прибора никелированы. Благодаря изоляции резервуаров термометров от корпуса, хорошей никелировке его металлических поверхностей и постоянной скорости движения воздуха, аспирационный психрометр не требует дополнительной защиты от действия солнечных лучей и ветра. Лишь при больших скоростях ветра за счет затруднения выброса воздуха нарушается скорость аспирации. Для устранения этого влияния применяют ветровую защиту 4, которую надевают с наветренной стороны на головку аспиратора. Смачивание батиста производится из резиновой груши 1 со стеклянной пипеткой 3 и зажимом 2; груша наполняется дистиллированной водой. Для установки психрометра прилагается крюк-подвес 5.

При работе с аспирационным психрометром необходимо следить за сохранностью его никелировки, исправностью аспиратора и трубок, предохраняющих резервуары. После наблюдений прибор следует протирать замшей или чистой тряпкой и хранить в футляре.

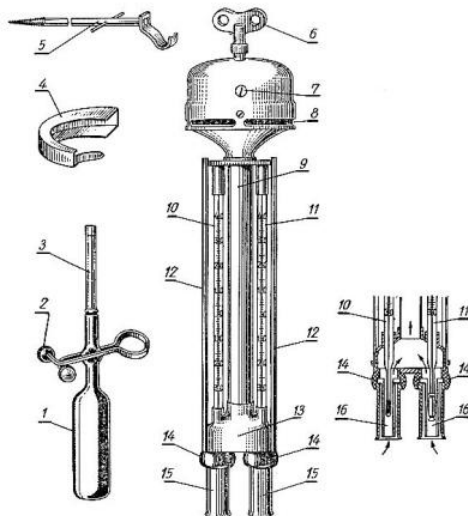


Рис. 15. Аспирационный психрометр МВ-4М:

- 1 – резиновая груша; 2 – зажим; 3 – пипетка; 4 – ветровая защита;
 5 – крюк-подвес; 6 – ключ; 7 – окошечко; 8 – головка аспиратора;
 9 – трубка; 10, 11 – сухой и смоченный термометры; 12 – защитные планки;
 13 – тройник; 14 – изоляционные втулки; 15, 16 – трубки

Периодически необходимо проверять скорость аспирации. Осуществляется это путем определения скорости вращения барабана с заводной пружиной. С этой целью заводят пружину и, наблюдая в окошечко 7 головки аспиратора, ожидают появления метки, сделанной на барабане для проверки психрометра. В момент появления метки аспиратор задерживают кусочком картона. Затем пружину заводят еще раз и аспиратор пускают одновременно с секундомером. Когда в окошке вторично появится метка, секундомер останавливают и отмечают время полного оборота.

Если полученное время оборота барабана отличается от времени, указанного в поверочном свидетельстве не более чем ± 5 с, прибор исправлен. В среднем барабан делает полный оборот за 80–95 с.

Для правильной работы психрометра необходимо следить за чистотой батиста и менять его по мере загрязнения.

У с т а н о в к а. В стационарных условиях прибор подвешивают на специальном столбе (резервуары термометров должны находиться на высоте 2 м) с неветренной стороны. Наблюдатель при измерении должен подходить с подветренной стороны, т. е. так, чтобы ветер был направлен от прибора к наблюдателю. В полевых условиях психрометр подвешивают на тонком шесте, закрепленном в почве, или кладут горизонтально на козлы. При горизонтальной установке прибора необходимо следить,

чтобы прямые солнечные лучи не попадали на резервуары термометров. При скорости ветра более 3 м/с во время наблюдений на аспиратор надевают с наветренной стороны защиту.

Высота установки психрометра среди растений может быть различной и зависит от цели наблюдений.

И з м е р е н и я. Аспирационный психрометр выносят на место измерений: зимой за 30 мин, а летом за 15 мин до начала наблюдений, смачивают батист дистиллированной водой из резиновой груши: зимой за 30 мин, летом за 4 мин до отсчета. Для смачивания, ослабив зажим 2, поднимают воду из груши в стеклянную пипетку 3 до указанной на ней черты и осторожно вводят пипетку на 3–5 с в трубку, в которой находится резервуар смоченного термометра. Затем воду из пипетки опускают и пипетку вынимают из трубки. После этого ключом 6 заводят до отказа пружину аспиратора. Так как во время отсчета аспиратор должен работать полным ходом, то зимой (за 4 мин до отсчета) пружину аспиратора заводят вторично. Отсчеты производят быстро. Сначала отсчитывают десятые доли сухого и смоченного термометров, а потом целые градусы.

Вычисление величин влажности воздуха по показаниям аспирационного психрометра выполняется так же, как и по показаниям станционного.

Волосной гигрометр МВ-1 (рис. 16) применяется для измерения относительной влажности воздуха. При температуре воздуха ниже -10°C он является основным прибором для измерений влажности воздуха.

Приемной частью гигрометра служит обезжиренный человеческий волос 1, натянутый на металлическую раму 4. Верхний конец закреплен в хвостовике регулировочного винта 2 с контргайкой 3, а нижний связан со стрелкой 6. Он закреплен в отверстии кулачка 9, насаженного на стерженек 7 с грузиком 10. Стерженек в свою очередь закреплен винтом 11 в отверстии оси 8, на которой находится стрелка 6. Под действием изменения длины волоса и грузика, поддерживающего волос в натянутом состоянии, стрелка вместе с осью поворачивается и фиксирует изменения относительной влажности воздуха на шкале 5 с делением от 0 до 100% (цена одного деления 1%). Так как волос меняет свою длину с изменением влажности неравномерно, то и деления на шкале имеют неравные промежутки: в начале шкалы они больше, чем в конце.

У с т а н о в к а. Волосной гигрометр устанавливают на штативе в психрометрической будке между сухим и смоченным термометрами. Перед подготовкой гигрометра к работе стрелку устанавливают соответственно показаниям психрометра.

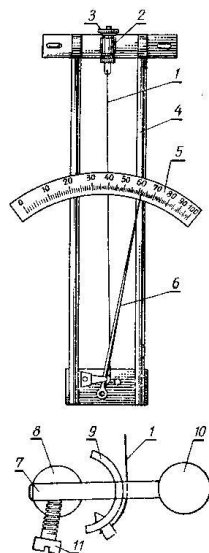


Рис. 16. Волосной гигрометр МВ-1:

- 1 – волос; 2 – регулировочный винт; 3 – контргайка;
4 – рама; 5 – шкала;
6 – стрелка; 7 – стержень;
8 – ось; 9 – кулачок;
10 – грузик; 11 – винт

Для этого строят график по ежедневным отсчетам психрометра и волосного гигрометра в течение одного месяца до наступления морозов: по оси абсцисс откладывают относительную влажность по психрометру.

Если данные измерений и состояние гигрометра были удовлетворительными, то все точки, соответствующие влажности воздуха по психрометру и гигрометру, располагаются узкой полосой, среди которых проводят плавную линию с углом наклона к осям координат почти 45° .

Исправленные значения влажности воздуха при измерениях в зимнее время находят по графику с помощью указанной линии зависимости или по таблице, составленной на основании данных, снятых с графика. В этой таблице показания гигрометра даны в левой крайней графе (десятки) и верхней горизонтальной строке (единицы). Исправленное значение влажности воздуха определяется на пересечении десятков и единиц влажности воздуха по гигрометру. Допустим, отсчет по гигрометру составляет 75%. Исправленное значение относительной влажности воздуха (по таблице) будет равно 73%. Для этого освобождают контргайку 3 и поворотом регулировочного винта 2 перемещают стрелку на заданное деление. После этого регулировочный винт снова закрепляют контргайкой. Регулировка гигрометра производится только при высокой влажности воздуха (больше 70%).

Из м е р е н и я производят с точностью до 1%. Для контроля исправности прибора стрелку отводят немного влево. Если стрелка возвращается в первоначальное положение, прибор работает нормально. Волосной гигрометр – относительный прибор. Поэтому его показания сравнивают с показаниями психрометра.

По результатам измерений относительной влажности и температуры воздуха вычисляют парциальное давление водяного пара по формуле (20), а дефицит насыщения по формуле (19) и точку росы по прил. 1 или определяют эти величины по психрометрическим таблицам.

3.3. Выполнение работы

1. Изучите устройство, установку и правила наблюдений по аспирационному психрометру.

2. Проведите измерения по аспирационному психрометру.

а) Аспирационный психрометр выносят на место измерений: зимой за 30 мин, а летом за 15 мин до начала наблюдений или производят измерения в помещении (по указанию преподавателя).

б) Смочите батист смоченного термометра дистиллированной водой из резиновой груши (зимой за 30 мин, летом за 4 мин до отсчета).

в) Включите прибор в электросеть. Если аспиратор пружинный, то ключом 6 заводят до отказа пружину аспиратора. Так как во время отсчета аспиратор должен работать полным ходом, то зимой (за 4 мин до отсчета) пружину аспиратора заводят вторично.

г) Быстро произведите отсчеты. Сначала отсчитайте десятые доли сухого термометра, затем целые градусы, а после этого десятые доли и целые градусы смоченного термометра.

д) Полученные показания сухого и смоченного термометров занесите в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. Результаты измерения влажности воздуха

№ п.п.	Показания сухого термометра t	Показания смоченного термометра t'	E	E'	e	f	d	t_p

е) Величину E определите по показаниям температуры t , а величину E' – соответственно по показаниям температуры t' с помощью прил. 1.

ж) Атмосферное давление определите по барометру.

з) При определении парциального давления водяного пара в формулы (20) или (21) подставить психрометрический коэффициент $A=0,000662$. Относительную влажность и дефицит насыщения следует рассчитать по формулам (18), (19).

и) Точку росы определите по прил. 1. Для этого в поле таблицы найдите значение e , вычисленное ранее, а затем определите какому значению температуры оно соответствует.

к) Результаты вычислений занесите в табл. 6.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение основным характеристикам влажности воздуха.

2. По каким формулам вычисляются абсолютная влажность воздуха, относительная влажность, дефицит насыщения?
3. Как, зная относительную влажность воздуха и его температуру, пользуясь таблицами, рассчитать основные характеристики влажности воздуха?
4. Какие существуют методы для определения влажности воздуха?
5. Как устроен аспирационный психрометр?
6. Можно ли аспирационным психрометром измерить температуру и влажность воздуха?
7. Каковы причины образования росы?
8. Как находится точка росы?

Лабораторная работа №4. Наблюдение за облаками

Цель работы. Определение облачности и продолжительности солнечного сияния.

Приборы и принадлежности: атлас, гелиограф.

Облака – скопление продуктов конденсации и сублимации водяного пара в атмосфере. Они состоят из водяных капель и ледяных кристалликов. Главной причиной образования облаков является адиабатическое охлаждение воздуха во время его подъема.

Совокупность облаков, наблюдающихся на небосводе над данной территорией, называется **облачностью**. Сведения об облачности имеют большое практическое значение. Облачность уменьшает приток солнечного тепла и света, излучение и охлаждение земной поверхности, изменяет спектральный состав солнечной радиации, оказывает влияние на температуру воздуха и почвы, ее суточный ход, что сопрово-

ждается изменением других метеорологических элементов. Из облаков выпадают осадки, от которых зависят условия увлажнения территории. Различным воздушным массам и атмосферным фронтам свойственны определенные облака. Поэтому они являются одним из важнейших элементов при синоптическом анализе и прогнозе погоды, а также используются при изучении климата.

При наблюдении за облачностью определяют общее количество и количество облаков нижнего яруса, форму облаков и высоту нижней границы облаков нижнего или среднего яруса.

В агрономической практике необходимы данные о количестве и формах облаков.

4.1. Определение количества облаков

Количество облаков определяется по 10-балльной шкале. Полное покрытие неба облаками соответствует 10 баллам, ясное небо – 0; 0,1 покрытия неба облаками – 1 баллу; 0,2–2 баллам и т. д. При наличии просветов в облачном покрове меньше 0,1 цифра 10 заключается в квадрат.

Наблюдения за количеством облаков проводятся визуально с одного и того же места. Записывается общее количество облаков и отдельно количество облаков нижнего яруса (слоистые, слоисто-кучевые, слоисто-дождевые), включая облака вертикального развития (кучевые и кучево-дождевые).

4.2. Формы облаков

Определение форм облаков производят одновременно с определением их количества. Формы облаков очень разнообразны. Определяют их по морфологической классификации, руководствуясь «Атласом облаков», который содержит фотографии и описания форм облаков, их видов и разновидностей. Если на небосводе одновременно наблюдается несколько форм облаков, то вначале определяют те, которые занимают наибольшую площадь небосвода, а потом – все остальные в порядке убывания их количества. Запись форм облаков производят с учетом яруса (верхний, средний, нижний) в той последовательности, в какой определяли их, используя сокращенные обозначения названий облаков.

Морфологическая классификация облаков основана на различиях внешнего строения и высоты распространения. По внешнему строению различают 10 основных форм (родов) облаков. Каждый из них по особенностям строения подразделяют еще на ряд видов и разновидностей. В зависимости от высоты нижней границы облака относят к одному из трех ярусов: верхнему, среднему, нижнему. Отдельно выделяют облака вертикального развития, имеющие значительное распространение по

вертикали. Основания их обычно находятся в нижнем ярусе, а вершины могут достигать среднего и даже верхнего яруса.

Ниже приведена характеристика основных форм облаков по морфологической классификации с указанием латинских названий и сокращенных обозначений, принятых в международной практике.

4.2.1. Облака верхнего яруса

К основным облакам верхнего яруса относятся перистые, перисто-кучевые и перисто-слоистые облака. Состоят они из ледяных кристаллов и представляют собой тонкий белый покров в виде волокон, изогнутых перьев, волн или прозрачной белой вуали, через который просвечивают не только солнце и луна, но часто и голубое небо.

Перистые облака Ci (Cirrus) по внешнему виду – отдельные тонкие и очень прозрачные волокнистые и нитевидные облака, иногда с более плотными или хлопьевидными образованиями. Толщина облачного слоя составляет от сотен метров для нескольких километров, высота нижней границы – 7–10 км. Образуются в результате восходящих движений в верхней тропосфере в зоне атмосферных фронтов, а также из вершин кучево-дождевых облаков при их распаде. **Осадки** – мелкие ледяные кристаллы, почти всегда испаряются, не достигая земли, образуя при этом полосы падения.

Перисто-кучевые облака Cc (Cirrocumulus) по внешнему виду напоминают очень мелкие белые волны, хлопья или рябь. Толщина облачного слоя – около 0,2–0,4 км, высота нижней границы – 6–8 км. Возникают они в результате волновых и восходящих движений в верхней тропосфере и часто могут наблюдаться перед быстро движущимися холодными фронтами. Осадки из этих облаков не выпадают.

Перисто-слоистые облака Cs (Cirrostratus) имеют вид белой или голубоватой полупрозрачной однородной пелены. В этих облаках часто наблюдается яркое гало вокруг солнца и луны. Толщина облачного слоя колеблется от 0,1 до нескольких километров, высота нижней границы составляет 6–8 км. В ряде случаев облака настолько тонки, что их можно обнаружить лишь по наличию гало. Перисто-слоистые облака образуются в результате адиабатического охлаждения воздуха при восходящем движении в верхней тропосфере в зонах атмосферных фронтов. Особенно часто наблюдаются они перед теплыми фронтами. Осадки перисто-слоистых облаков не достигают земли, только при низких температурах воздуха (например в Восточной Сибири) Cs дают очень слабый снег или ледяные иглы.

4.2.2. Облака среднего яруса

К облакам среднего яруса относятся высококучевые и высокослоистые облака. Они могут быть в виде сплошной пелены или волн, пластин и хлопьев светлосерого, иногда белого цвета. Эти облака значительно плотнее облаков верхнего яруса и состоят из переохлажденных капель воды или переохлажденных капель в смеси с кристалликами льда, снежинками.

В ы с о к о к у ч е в ы е о б л а к а Ac (Alto cumulus) белого, серого и синеватого цвета, по внешнему виду очень разнообразны и напоминают крупные гальки или хлопья, разделенные просветами голубого неба, но могут сливаться в сплошной покров. Толщина облачного слоя – от 0,2–0,7 км, высота нижней границы – 2–6 км. Образование этих облаков происходит на границах инверсии и конвекции в слое выше 2 км. Поэтому они образуются, в частности, перед холодными фронтами. В этих облаках изредка наблюдаются метловидные полосы выпадения осадков, но земной поверхности они не достигают.

В ы с о к о с л о и с т ы е о б л а к а As (Alto stratus) серого или синеватого цвета, представляют собой однородную пелену слегка волокнистой структуры. На нижней поверхности иногда заметны слабо выраженные волны и борозды. Как правило, высокослоистые облака закрывают весь небосвод. Толщина облачного слоя около 2 км, но может доходить до 2 км, высота нижней границы составляет 3–5 км. Солнце или луна слабо просвечивают сквозь них. Образуются они вследствие охлаждения воздуха, обусловленного медленным восходящим движением. В результате этого высокослоистые облака наблюдаются перед теплыми фронтами. Аналогичный процесс может наблюдаться у холодных фронтов, чаще всего у медленно движущегося холодного фронта. Из этих облаков зимой выпадают небольшие осадки в виде снега, а летом они вследствие испарения не достигают земли.

4.2.3. Облака нижнего яруса

Облака нижнего яруса имеют вид низких серых тяжелых гряд, валов или пелены, закрывающей небо сплошным покровом. Солнце через облака нижнего яруса, как правило, не просвечивает. Состоят они из капель воды, переохлажденных капель, кристаллов льда и снежинок. К ним относятся слоисто-кучевые, слоистые и слоисто-дождевые облака.

С л о и с т о - к у ч е в ы е о б л а к а Sc (Strato cumulus) представляют собой крупные гряды, пластины или хлопья серого цвета, разделенные просветами или сливающиеся в сплошной покров неодинаковой плотности. Толщина облачного слоя составляет 0,2–0,8 км, высота нижней границы – 0,5–1,5 км. При сплошном покрове солнце сквозь облака не просвечивает. Состоят они преимущественно из капелек воды. Довольно часто образуются при волновых движениях в слоях инверсии. Как правило, осадки из них не выпадают.

С л о и с т ы е о б л а к а St (Stratus) покрывают весь небосвод серой или желто-серой пеленой. По внешнему виду они напоминают туман, слегка приподнятый над землей, иногда эти облака сливаются с наземным туманом. Нижняя часть их может быть разорванной, клочковатой. Толщина облачного слоя – от 0,2 до 0,8 км, высота нижней границы – 0,1–0,7 км. Слоистые облака состоят преимущественно из мельчайших капелек воды. Образуются в основном за счет охлаждения относительно теплого воздуха при соприкосновении его с холодной подстилающей поверхностью или в результате излучения. Эти облака характерны для устойчивых воздушных масс. Осадки из слоистых облаков выпадают редко, и то в виде мороси, мелкого снега (снежных зерен).

С л о и с т о - д о ж д е в ы е о б л а к а Ns (Nimbostratus) покрывают небосвод сплошным облачным слоем темно-серого цвета, иногда с желтоватым или синеватым оттенком. Нижняя граница их располагается на высоте 0,1–1 км. Толщина облачного слоя обычно составляет 2–3 км, но может увеличиваться до 5 км. Состоят они из капелек воды и ледяных кристаллов.

Слоисто-дождевые облака образуются в результате охлаждения воздуха при восходящем движении вдоль наклонной фронтальной поверхности. Наблюдаются они главным образом перед теплыми фронтами и сопровождаются выпадением обложных осадков в виде дождя или снега.

4.2.4. Облака вертикального развития

Облака вертикального развития имеют вид отдельных плотных облачных масс, сильно развитых по вертикали, с плоскими основаниями и причудливыми вершинами, напоминающими громоздящиеся купола и башни. Вершины облаков всегда ослепительно белые, а основания могут быть сероватые или темно-серые. К ним относятся кучевые и кучево-дождевые облака.

К у ч е в ы е о б л а к а Cu (Cumulus) могут быть в виде отдельных редких облачных масс или значительного скопления их. Располагаются они по небосводу обычно беспорядочно. Высота нижней границы колеблется от 0,8 до 1,5 км, но может увеличиваться в сухие и жаркие периоды до 2,5–3 км. Толщина облачного слоя может изменяться от сотен метров до нескольких километров. Кучевые облака состоят из капель воды.

Образование кучевых облаков связано с развитием мощных восходящих движений воздуха, вызванных неодинаковым нагревом подстилающей поверхности. Поэтому они наблюдаются в теплый период и некоторые из них (кучевые плоские) являются признаком хорошей погоды. При сильном развитии кучевые плоские облака переходят в средние, а затем и в мощные кучевые, представляющие собой причудливые нагромождения с темными основаниями и белыми клубящимися вершинами.

Обычно кучевые облака не дают осадков, но иногда могут выпадать отдельные капли дождя.

Кучево-дождевые облака Sb (Cumulonimbus) имеют большую вертикальную мощност, часто представляют собой горообразные облачные массы с темными, иногда синеватыми основаниями и с белыми вершинами волокнистого строения, закрывающими границы всего небосвода.

Высота нижней границы изменяется от 0,4 до 0,1 км. Верхняя граница может достигать 3–4 км, а иногда и тропопаузы. Солнце и луна через такие облака совершенно не просвечивают.

Кучево-дождевые облака в верхней части состоят из ледяных кристаллов и переохлажденных капель, а нижней – из капель воды и снежинок. Образуются они за счет охлаждения воздуха, обусловленного сильно развитой термической или динамической конвекцией, поэтому наблюдаются перед холодным фронтом и в сильно неустойчивых воздушных массах. Из кучево-дождевых облаков выпадают осадки ливневого характера, часто сопровождающиеся грозами. Летом из них может выпадать град. Во время выпадения осадков может наблюдаться радуга.

4.3. Продолжительность солнечного сияния

Для регистрации продолжительности солнечного сияния, т. е. промежутков времени, в течение которых солнечный диск не закрыт облаками, служит **гелиограф ГУ-1**. Принцип действия гелиографа основан на прожигании бумажных лент солнечными лучами, собранными в фокусе стеклянного шара.

Устройство гелиографа (рис. 17). Основной частью гелиографа является стеклянный шар 10 диаметром 98 мм, укрепленный в дугообразном держателе 6 сферическими шайбами 9, 11, винтом 7 и контргайкой 8. На расстоянии главного фокуса от шара на дугообразном держателе укреплена сферическая чашка 5, на внутренней стороне которой имеются три пары пазов для закладывания бумажных лент 1.

Правильность закладки лент проверяется по контрольному проколу иглой штифта 4. В нижней части дугообразного держателя укреплен диск 13 с четырьмя круглыми отверстиями, обозначенными буквами А, Б, В, Г. Шар вместе с дугообразными держателем, чашкой и диском может вращаться вокруг вертикальной оси относительно лимба 15 с укрепленным на нем неподвижным указателем 14. Отверстия с буквами и неподвижный указатель служат для ориентирования шара относительно солнца. Любое из четырех положений шара фиксируется коническим штифтом 12. При повороте шара на юг диск укрепляется в положении Б, на восток – в положении А, на

запад – в положении В и на север – в положении Г. Лимб 15 крепится на двух вертикальных стойках 2 к чугунному основанию 18.

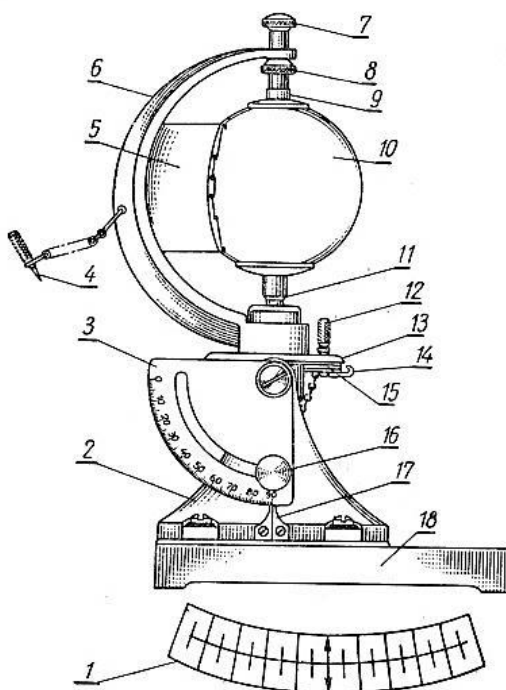


Рис. 17. Гелиограф универсальный ГУ-1:

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

У с т а н о в к а. Гелиограф устанавливают горизонтально на открытой площадке, доступной солнечным лучам в течение всего дня, на столбе высотой не менее 2 м или на крыше здания на прочной деревянной подставке. Горизонтальность подставки проверяется уровнем.

Перед укреплением прибора на подставку его устанавливают на заданную широту (по шкале широт 3) и по меридиану. Для установки по широте места ослабляют винт 16, поворачивают верхнюю часть до совпадения заданной широты с указателем 17 и фиксируют винт 16. Для ориентировки по меридиану его устанавливают на середину подставки на юг (положение Б) и поворачивают основание так, чтобы фокус пучка солнечных лучей в момент истинного полдня находился на черточке чашки или полуденной линии ленты. В таком положении основание прибора закрепляют тремя винтами.

В пазы чашки закладывают бумажные ленты 1 соответственно времени года: в верхнюю пару – зимой (с 16 октября до конца февраля), в среднюю – весной и осенью (с 1 марта по 15 апреля и с 1 сентября по 15 октября), в нижнюю – летом (с 16

апреля по 31 августа). В верхние и нижние пары пазов закладывают изогнутые, а в среднюю пару – прямые ленты.

И з м е р е н и я. В зависимости от времени года бумажную ленту закладывают в одну из пар пазов чашки. В короткие дни, когда солнце находится над горизонтом не более 9 ч, ленту меняют после захода солнца один раз в сутки. Шар в этом случае всегда повернут на юг (в положение Б). При продолжительности дня от 9 до 18 ч ленту меняют два раза в сутки: первый раз после захода, второй – в 12 ч по среднему солнечному времени. Одновременно со сменой лент меняют положение шара. При вечерней смене лент шар поворачивают на восток (в положение А), а при смене в полдень – на запад (в положение В). Если продолжительность дня от восхода до захода солнца превышает 18 ч, смену лент и поворот шара производят три раза в сутки – в 4, 12 и 20 ч по среднему солнечному времени. При смене ленты и повороте шара в 4ч указатель совмещают с индексом А, в 12 ч – с индексом В и в 20ч – с индексом Г.

Во время смены лент шар гелиографа затеняют. Ленту меняют, даже если на ней не оказывается следов прожога (пасмурные дни). На обороте каждой ленты отмечают порядковый номер (начиная с 1-го числа каждого месяца), название метеостанции, год, месяц, дату, время в часах и минутах, когда лента была установлена и вынута.

Периодически необходимо следить за правильностью установки гелиографа относительно горизонтальной плоскости, полуденной линии, широты места наблюдений и содержать шар гелиографа в чистоте. По мере надобности шар следует протирать мягкой полотняной тканью, если он покрыт изморозью или инеем, ткань следует смочить спиртом или авиационным бензином.

О б р а б о т к а л е н т . Продолжительность солнечного сияния определяют по прожогу лент гелиографа за каждый час в десятых долях часа, учитывая даже слабые следы прожога, и заносят в соответствующие таблицы. Если прожог распространяется на все деление, записывают целый час, если на половину деления, записывают 0,5 ч. Суммируют продолжительность солнечного сияния за каждый час и получают суточную продолжительность солнечного сияния (табл. 7). Зная количество часов солнечного сияния за отдельные дни, можно определить продолжительность солнечного сияния за любой период (декаду, месяц, вегетационный период, год).

4.4. Выполнение работы

1. Изучите основные формы и виды облаков по атласу. Дайте описание их по морфологической классификации.

2. Запишите формы облаков, из которых выпадают осадки, с указанием характера их выпадения (обложные, ливневые, морсящие).

3. Определите и запишите количество и формы облаков, которые наблюдаются на небосводе во время занятий.

4. Обработайте ленты гелиографа (по указанию преподавателя).

а) Продолжительность солнечного сияния определяется по прожогу лент гелиографа за каждый час в десятых долях часа с учетом даже слабых следов прожога. Время в часах указано карандашом на ленте в верхнем ряду. Если прожог распространяется на все деление, записывают целый час, если на половину деления, записывают 0,5 ч.

б) Результаты измерений занесите в табл. 7.

в) Просуммируйте продолжительность солнечного сияния за каждый час и получите суточную продолжительность солнечного сияния, результаты расчетов занесите в табл. 7.

Т а б л и ц а 7. Результаты измерений продолжительности солнечного сияния

Число, месяц	Часы по истинному солнечному времени																Сумма за сутки, ч
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	

Контрольные вопросы

1. Как образуются облака в атмосфере?
2. Как определяют количество облаков?
3. Дайте характеристику облаков по ярусам (верхний, средний и нижний ярус).
4. Охарактеризуйте облака вертикального развития.
5. Из каких облаков выпадают осадки?
6. Для чего применяется гелиограф и как проводятся наблюдения с его помощью?

Лабораторная работа №5. Осадки и испарение

Цель работы. Определение количества выпавших осадков в жидком или твердом виде, измерение испарения из почвы.

Приборы и принадлежности: осадкомер Третьякова, почвенный дождемер, весовой снегомер, почвенный испаритель.

Атмосферные осадки – это вода в жидком или твердом виде, выпадающая на поверхность земли и наземные предметы из облаков (дождь, снег, град, крупа, морось и др.) и осаждающаяся из воздуха в результате конденсации находящегося в нем водяного пара (роса, иней, изморось и др.).

Атмосферные осадки являются основным источником накопления влаги в почве. Отсутствие осадков в течение длительного времени ведет к пересыханию верхнего слоя почвы. В результате нарушается водоснабжение сельскохозяйственных культур и снижается урожай. Неблагоприятно сказывается на растениях и выпадение чрезмерно большого количества осадков. В этом случае может быть вымокание, полегание посевов. Продолжительные дожди в период цветения ухудшают оплодотворение, в период созревания затрудняют уборку. Особенно опасны ливневые дожди, сопровождающиеся градом. Они могут вызвать механическое повреждение посевов, но могут и смыть верхний слой почвы. Опасными считаются ливни, если за 1 ч или более короткий промежуток времени осадков выпадает больше установленного для данного района количества. Например, для Донбасса опасны осадки, количество которых превышает 50 мм за 12 ч или 20 мм за 1 ч.

Зимой на большей части республики осадки выпадают в виде снега. Снежный покров, обладая теплопроводностью, предохраняет почву от глубокого промерзания. Весной талые воды значительно пополняют запасы продуктивной влаги в почве.

Важными характеристиками осадков, выпадающих из облаков, являются количество и интенсивность.

Количество осадков выражается толщиной слоя воды в миллиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности при условии, что выпавшие осадки не просачивались бы в почву, не стекали и не испарялись. Их обычно измеряют с точностью до 0,1 мм. В агрономической практике часто используют данные о количестве осадков в единицах объема ($\text{м}^3/\text{га}$). Слой осадков в 1 мм на площади 1 га составляет 10 м^3 воды ($0,001 \text{ м} \times 10\,000 \text{ м}^2 = 10 \text{ м}^3$). Поэтому для перевода выпавших осадков в кубические метры на 1 га необходимо количество их, измеренное в миллиметрах, умножить на 10.

Интенсивность осадков выражается количеством их (в миллиметрах), выпавшим за 1 мин (мм/мин).

В зимнее время наблюдения ведутся за состоянием снежного покрова. Измеряют его высоту и плотность. По данным измерений вычисляют запас воды в снежном покрове.

Высота снежного покрова измеряется в сантиметрах (с точностью до 1 см). Плотность снежного покрова выражается отношением массы воды в снеге (г) к объему снега (см^3). Вычисление производится с точностью до 0,1 г/ см^3 .

Наряду с данными о количестве и интенсивности осадков для решения ряда практических вопросов необходимо иметь сведения об испарении, так как в результате испарения подстилающая поверхность теряет много воды. Количественно испарение характеризуется его скоростью. На практике она выражается в миллиметрах толщины слоя испарившейся воды в единицу времени (с точностью до 0,1 мм).

Количество осадков и скорость испарения могут значительно изменяться в пространстве. Поэтому для нужд сельского хозяйства наблюдения за осадками и скоростью испарения необходимо вести непосредственно на полях колхозов и совхозов.

5.1. Приборы для измерения осадков

Измерение количества осадков производится осадкомерами и дождемерами, регистрация изменений количества их во времени – плувиографом.

Осадкомер Третьякова О-1 является основным прибором для измерения количества жидких и твердых осадков. В комплект осадкомера входят два цилиндрических ведра (осадкомерные сосуды), крышка к ведру, планочная защита, таган для установки ведра и измерительный стакан.

Ведро 2 осадкомера (рис. 18) имеет высоту 40 см и площадь приемной поверхности 200 см^2 . Внутри ведра впаяна диафрагма 2 в виде усеченного конуса, отверстие которой для уменьшения испарения осадков из ведра в летнее время закрывается воронкой 1. С внешней стороны ведра для слива собранных осадков в измерительный стакан припаян носик 5 с колпачком 4. Ведро осадкомера устанавливают в таган, который закреплен неподвижно на металлической подставке 7.

Для уменьшения влияния ветра на количество осадков, попавших в ведро, применяется ветровая защита 6, состоящая из 16 трапециевидных планок. Верхние концы планок отогнуты во внешнюю сторону и находятся на одной высоте с верхним краем ведра. Крепятся они за ушки на металлическом кольце, которое с помощью четырех кронштейнов соединено с таганом. Планки расположены на равном расстоянии друг от друга и соединены между собой внизу и вверху цепочками.

Измерение количества осадков производится измерительным стаканом 9, который представляет собой мензурку с делениями (100 делений). Одно деление стакана по объему равно 2 см^3 . При площади приемной поверхности, равной 200 см^2 , это соответствует 0,1 мм осадков $\left(\frac{2 \text{ см}^3}{200 \text{ см}^2} \cdot 10 = 0,1 \text{ мм} \right)$. Таким образом, одно деление стакана соответствует 0,1 мм осадков.

У с т а н о в к а. Место установки осадкомера должно быть удалено от окружающих предметов на расстояние не менее их трехкратной высоты. Таган укрепляют на металлической подставке так, чтобы верхний край установленного в нем ведра находился на высоте 2 м от поверхности земли. Рядом с подставкой осадкомера находится лесенка 8.

И з м е р е н и я. Во время измерений производят смену ведер (4раза в сутки). Пустое ведро, закрытое крышкой, выносят из помещения и заменяют им ведро, стоящее на тагане осадкомера. Снимают с него крышку, закрывают снятое ведро и переносят в помещение, где измеряют количество осадков. Содержащиеся в ведре осадки переливают через носик в измерительный стакан, установленный на горизонтальной поверхности, и отсчитывают по положению уровня воды число делений стакана. Измерение количества твердых осадков производят после того, как они полностью растают, при этом ведро должно быть закрыто крышкой. Если осадков окажется более 100 делений стакана, то измеряют их в несколько приемов, записывая число делений каждого измерения и общую сумму. Количество выпавших осадков в миллиметрах соответствует числу делений стакана, уменьшенного в 10раз.

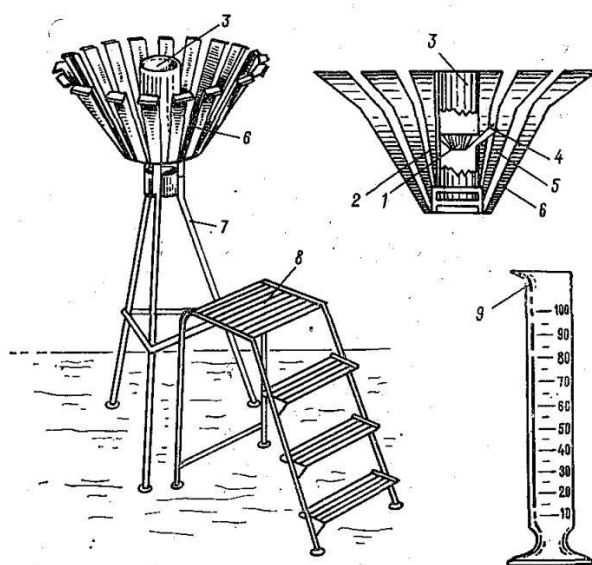


Рис. 18. Осадкомер Третьякова О-1:

- 1 – воронка; 2 – диафрагма; 3 – ведро; 4 – колпачок;
5 – носик; 6 – планочная защита; 7 – подставка;
8 – лестенка; 9 – измерительный стакан

И з м е р е н и я. Во время измерений производят смену ведер (4раза в сутки). Пустое ведро, закрытое крышкой, выносят из помещения и заменяют им ведро, стоящее на тагане осадкомера. Снимают с него крышку, закрывают снятое ведро и переносят в помещение, где измеряют количество осадков. Содержащиеся в ведре осадки переливают через носик в измерительный стакан, установленный на горизонтальной поверхности, и отсчитывают по положению уровня воды число делений стакана. Измерение количества твердых осадков производят после того, как они полностью растают, при этом ведро должно быть закрыто крышкой. Если осадков окажется более 100 делений стакана, то измеряют их в несколько приемов, записы-

вая число делений каждого измерения и общую сумму. Количество выпавших осадков в миллиметрах соответствует числу делений стакана, уменьшенного в 10 раз.

Почвенный дождемер ГР-28 применяют для измерения количества жидких осадков, которые наблюдаются на уровне почвы. Используют его преимущественно в комплекте с испарителями. Дождемер состоит из ведра 2 и гнезда 3 (рис. 19).

Дождемерное ведро отличается от ведра осадкомера большей площадью поверхности (500 см^2) и наличием сплошной конусообразной диафрагмы 4 с отверстием у вершины для стока воды в нижнюю часть ведра.

Гнездо изготавливается из листовой стали и имеет форму цилиндра высотой 28 см и диаметром 35 см. В дне гнезда имеются отверстия для стока воды, попавшей в него, и три пружинящие опоры 5 для установки ведра.

У с т а н о в к а. Почвенный дождемер устанавливают в теплое время года на открытой площадке в специально подготовленное углубление в почве. Гнездо помещают так, чтобы верхний край выступал над почвой на 5 см, стенки соприкасались с почвой, а под дном его должно быть небольшое углубление диаметром 10–15 см для стока воды из гнезда. После этого на опоры 5 в гнезде ставят горизонтально дождемерное ведро.

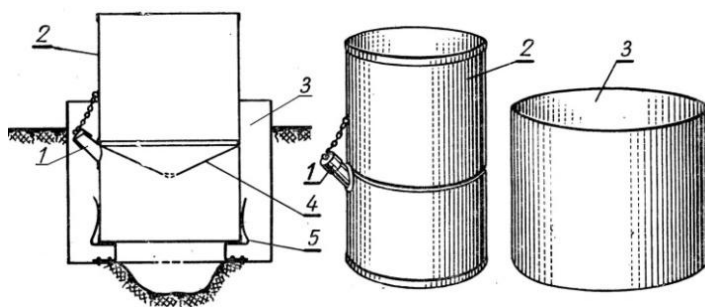


Рис. 19. Почвенный дождемер ГР-28:

1 – носик; 2 – ведро; 3 – гнездо; 4 – диафрагма; 5 – опора

Измерения по дождемеру производят так же, как и по осадкомеру. Через носик 1 воду переливают в измерительный стакан и по уровню воды в нем отсчитывают число делений. Стакан имеет 100 делений. Одно деление равно 5 см^3 воды и соответствует 0,1 мм осадков. Аналогично к данным измерений вводится поправка на смачивание ведра.

5.2. Снежный покров

Наблюдения за снежным покровом состоят из определения степени покрытия снегом территории и характера залегания снежного покрова, измерения его высоты и плотности, а также определения наличия и толщины ледяной корки и состояния

почвы под снегом. Измерение высоты снежного покрова производится снегомерными рейками, а плотности – снегомером.

5.2.1. Высота снежного покрова

Снежный покров залегает неравномерно по территории, поэтому высоту его измеряют в нескольких местах. Для этого применяют постоянные и переносные (маршрутные) снегомерные рейки.

Постоянная снегомерная рейка М-103 представляет собой деревянный брус длиной около 2 м и шириной не менее 5 см со шкалой в сантиметрах (цена деления 1 см).

У с т а н о в к а. Постоянные снегомерные рейки устанавливают осенью до начала снегопадов. В месте установки забивают в землю деревянный заостренный брусок длиной 40–60 см с запиленной ступенькой и к этому бруску привинчивают снегомерную рейку так, чтобы нулевое деление рейки находилось на уровне почвы. Обычно устанавливают три постоянные снегомерные рейки, располагая их по треугольнику. Расстояние между ними должно быть около 10 м.

И з м е р е н и е высоты снежного покрова по постоянным рейкам делают с одного и того же места на расстоянии 5–6 шагов от рейки, не нарушая снежного покрова около рейки. Так как непосредственно около рейки под действием ветра может произойти выдувание снега, то при отсчетах необходимо наклоняться возможно ближе к поверхности снежного покрова. Отсчет производят с точностью до 1 см.

Переносная снегомерная рейка М-104 применяется при маршрутных измерениях высоты снежного покрова и представляет собой деревянный брусок длиной 180 см, шириной 4 см и толщиной 2 см, изготовленный из сухого, пропитанного маслом дерева. Нижний конец рейки заострен и обит жостью. На одной стороне рейки нанесены деления в сантиметрах (цена деления 1 см). Начало деления шкалы совпадает с нижним обрезом наконечника.

При измерении высоты снежного покрова рейку погружают вертикально в снег заостренным концом так, чтобы он достиг поверхности почвы. После этого отсчитывают по шкале высоту с точностью до 1 см.

5.2.2. Плотность снега

Плотность снега измеряют походным весовым снегомером **ВС-43** (рис. 20). Он состоит из снегозаборника, весов и лопатки. Снегозаборник 9 представляет собой металлический цилиндр, высота которого равна 60 см, площадь поперечного сечения – 50 см². На одном конце его находится кольцо, заканчивающееся пилообразной режущей кромкой 7, а другой конец может закрываться крышкой 10. Для измерения

высоты снежного покрова на цилиндр нанесена шкала в сантиметрах. Нулевое деление шкалы совпадает с нижней частью режущей кромки. Вдоль цилиндра свободно перемещается кольцо 8 с дужкой 6, за которую подвешивают снегозаборник к весам.

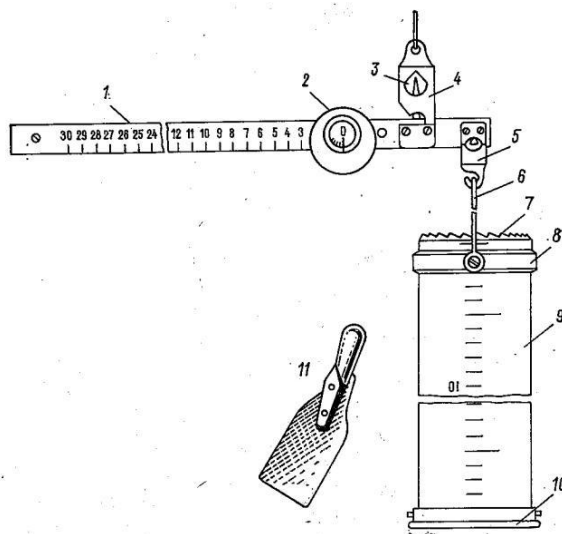


Рис. 20. Снегомер весовой ВС-43:

- 1 – латунная рейка; 2 – передвижной груз; 3 – стрелка;
4 – подвес; 5 – крючок; 6 – дужка; 7 – режущая кромка;
8 – кольцо; 9 – снегозаборник; 10 – крышка; 11 – лопатка

Весы снегомера состоят из латунной рейки 1 со шкалой (цена деления 5 г). Цифры стоят около каждого десятого деления от 0 до 30. На рейке укреплены две призмы. Одна призма служит опорой для крючка 5, на который подвешивают снегозаборник, а на вторую призму надевается подвес 4 с кольцом, за которое держат весы при взвешивании. Над второй призмой расположена стрелка 3. По совпадению ее с риской подвес определяют в положение равновесия. Для уравнивания весов служит передвижной груз 2 с круглым отверстием. Для отсчета по шкале на нижней стороне скошенного края отверстия нанесена риска. Снегомер за 30 мин до наблюдений выносят из помещения, чтобы он принял температуру окружающего воздуха.

Измерения. Взвешивают пустой снегозаборник в делениях шкалы (n_0). Снегозаборник режущей кромкой отвесно погружают в снег до тех пор, пока он не дойдет до почвы, и по шкале цилиндра измеряют высоту снежного покрова h . Затем с одной стороны цилиндра лопаткой 11 отгребают снег, подсовывают ее под режущий край, что бы весь снег, находящийся в цилиндре, остался. В таком положении цилиндр вынимают из снега, поворачивают крышкой вниз и взвешивают снегозаборник со снегом. Отсчитав показания весов n_1 , определяют фактическое показание весов $n = n_1 - n_0$. Перед следующим измерением снегозаборник освобождают от снега и вновь определяют нулевое показание весов. Рассчитывают плотность снега по массе и объему его пробы. Масса взятой воды пробы равна $5n$, где n – число деле-

ний, отсчитанных по шкале весов, а объем составляет $50h \text{ см}^3$, где h – отсчет по шкале цилиндра. Тогда плотность снежного покрова

$$d = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h} \quad (22)$$

Если высота снежного покрова больше 60 см, то столб снега вырезают в несколько приемов и для расчета плотности в этом случае берут высоту снега h , равную сумме всех отсчетов высот, а показание n получают, суммируя все отсчеты по весам при взятии проб. Определяют запас воды в снеге. Дополнительные расчеты в этом случае не производятся, так как весы и снегозаборник подобраны так, что запас воды взятой пробы снега соответствует числу делений на весах n . Убедится в этом нетрудно. Масса снега $5n$ одновременно будет массой воды, полученной из снега и, следовательно, объемом ее. Зная объем воды и приемную площадь снегозаборника, рассчитывают высоту слоя воды. Для этого объем воды делят на площадь сечения и для выражения слоя воды в миллиметрах умножают на 10 $\left(\frac{5n}{50} \cdot 10 = n\right)$. Таким образом, число делений, отсчитанное на весах при взвешивании пробы снега, равно количеству воды в снеге в миллиметрах.

5.3. Испарение из почвы

Для измерения испарения из почвы применяют почвенные испарители. В зависимости от назначения они бывают разных конструкций. Наибольшее распространение получили испарители, с помощью которых испарение определяется по разности результатов измерений по испарителю и дождемеру через определенные промежутки времени.

Почвенный испаритель ГР-25 (ГГИ-500-50) применяется для измерения испарения из почвы и сельскохозяйственных полей. Он состоит из внутреннего цилиндра 1, внешнего цилиндра-гнезда 2, водосборного сосуда 7 и двух ручек 4 для переноски испарителя (рис. 21).

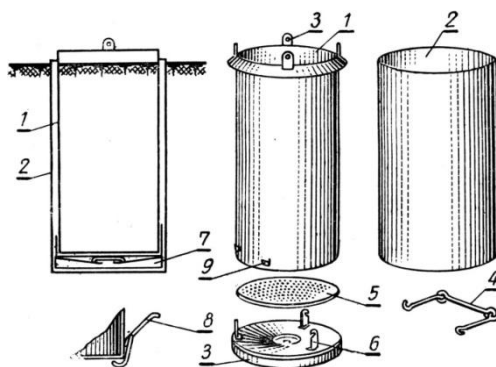


Рис. 21. Почвенный испаритель ГР-25 (ГГИ-500-50):

- 1 – внутренний цилиндр; 2 – внешний цилиндр; 3 – ушки;
4 – ручки; 5 – дно внутреннего цилиндра; 6 – планки;
7 – водосборный сосуд; 8 – защелки; 9 – упоры

Почвенный монолит помещают во внутренний цилиндр 1. Высота его равна 50 см, площадь испаряющей поверхности – 500 см^2 . Дно 5 цилиндра съемное с отверстиями для стока просочившейся через почвенный монолит воды. С внешней стороны дна имеется три зубца, за которые с помощью защелок 8 и упоров 9, расположенных в нижней части цилиндра, дно присоединяется к цилиндру. У верхнего края цилиндра имеются козырек шириной 35 мм для прикрытия зазора между внутренним и внешним цилиндрами и ушки 3 с отверстиями для крепления ручек 4 при подъеме и переносе испарителя. Масса внутреннего цилиндра с монолитом почвы – около 40 кг. Внешний цилиндр 2 служит для установки внутреннего цилиндра, поэтому размеры его немного больше. Дно внешнего цилиндра водонепроницаемое.

Водосборный сосуд 7 представляет собой цилиндрическую банку высотой 30 мм с воронкообразной крышкой, имеющей два отверстия. В центральное отверстие (диаметр 40 мм) стекает просочившаяся через монолит вода, а боковое отверстие (диаметр 10 мм) служит для слива воды в дождемерный стакан.

Водосборный сосуд присоединяется к внутреннему цилиндру планками 6, расположенными на верхнем крае сосуда.

В комплект испарителя входят весы, подъемное устройство и почвенный дождемер.

У с т а н о в к а. Для большей точности на испарительной площадке устанавливают два почвенных испарителя. Вначале готовят круглые ямы глубиной 52 см и диаметром около 30 см, в которые помещают внешние цилиндры так, чтобы верхние края выступали над почвой на 1,5 см. Щели вокруг гнезда засыпают почвой и утрамбовывают. Оставшуюся почву выносят с испарительной площадки. В цилиндры-гнезда устанавливают внутренние цилиндры с почвенными монолитами.

Зарядку испарителей производят на специально выбранной площадке, которая должна находиться на расстоянии около 50 м от испарительной площадки. Место взятия монолита закапывают и отмечают колышком. Повторно монолиты в этих местах не берут. Для зарядки испарителя почвенным монолитом внутренний цилиндр без дна ставят на почву и вдавливают в нее. Затем почву вокруг цилиндра окапывают на 3–5 см и цилиндр осаживают под давлением и снова окапывают вокруг. Цилиндр должен быть погружен так, чтобы верхний край его оказался на 1,0–1,5 см выше монолита. После этого под испаритель подводят дно, которое прикрепляют к цилиндру с помощью защелок. Если почва плотная, то монолит сначала подрезают и наклоняют, а потом присоединяют дно. Заряженный испаритель переносят на испарительную площадку и взвешивают на весах. Затем к испарителю прикреп-

ляют водосборный сосуд и опускают в гнездо. Заряжают испаритель один – три раза в месяц в зависимости от типа испарительной площадки.

Почвенный дождемер для измерения осадков устанавливают на расстоянии около 1 м от испарителя.

Измерения. На испарительных площадках ежедневно в 7–9 ч измеряют осадки, а в день взвешивания монолитов – непосредственно перед их взвешиванием. Для взвешивания испаритель переносят к весам. Сначала с него снимают водосборный сосуд, а потом только взвешивают цилиндр с монолитом. Воду из водосборного сосуда выливают в дождемерный стакан для измерения количества просочившейся воды. После этого водосборный сосуд промывают, присоединяют к цилиндру с монолитом и испаритель вновь устанавливают в гнездо.

Обработка наблюдений. Испарение вычисляют по формуле

$$E = 0,02(P_1 - P_2) + r_1 - r_2, \quad (23)$$

где E – испарившийся слой воды между двумя взвешиваниями, мм;

P_1 и P_2 – масса монолита в предыдущий и текущий сроки измерений, г;

r_1 – количество осадков по почвенному дождемеру, мм;

r_2 – количество воды, просочившейся в водосборный сосуд между сроками наблюдений, мм.

В последнее время на некоторых станциях для измерения испарения применяют более точные гидравлические испарители с большими монолитами (приемная площадь 2000 см³, 3 и 5 м²). Для взвешивания служат гидравлические весы, составляющие одно целое с испарителями. Эти испарители содержат устройство для непрерывной регистрации испарения с высокой точностью.

5.4. Выполнение работы

1. Изучите устройство, правила установки осадкомера, дождемера и измерений по ним. По указанию преподавателя определите количество выпавших осадков с помощью измерительного стакана в делениях, переведите их в миллиметры, выполните перевод в единицы объема (м³/га).

2. Изучите правила измерений высоты снежного покрова с помощью снегомерных реек.

3. Изучите устройство весового снегомера и правила измерений высоты, плотности снега и запасов воды в нем.

4. Произвести измерения снежного покрова с помощью весового снегомера.

а) Взвесьте пустой снегозаборник в делениях шкалы (n_0).

б) Снегозаборник режущей кромкой отвесно погрузите в снег до тех пор, пока он не дойдет до почвы, и по шкале цилиндра измерьте высоту снежного покрова h .

в) С одной стороны цилиндра лопаткой 11 отгребите снег, подсуньте лопатку под режущий край, чтобы весь снег, находящийся в цилиндре, остался внутри цилиндра, выньте цилиндр из снега, поверните крышкой вниз и взвесьте снегозаборник со снегом.

г) Отсчитайте показания весов n_1 , определите фактическое показание весов $n = n_1 - n_0$. Результаты измерений запишите в табл. 8.

в) Рассчитайте плотность снега по формуле

$$d = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h},$$

где h – отсчет по шкале цилиндра;

г) Определите запас воды в снеге. Зная объем воды и приемную площадь снегозаборника, рассчитайте высоту слоя воды. Для этого объем воды делят на площадь сечения и для выражения слоя воды в миллиметрах умножают на 10 $\left(\frac{5n}{50} \cdot 10 = n\right)$. Таким образом, запас воды в снеге в миллиметрах равен n .

Т а б л и ц а 8. Результаты измерений снежного покрова

Номер измерений	Высота снежного покрова h , см	Показания весов при взвешивании снегозаборника			Плотность снега, г/см ³	Запас воды в снеге, мм
		n_0	n_1	n		

Контрольные вопросы

1. Что понимают под атмосферными осадками?
2. В каких единицах измеряется количество выпавших осадков?
3. Как устроены осадкомер Третьякова и почвенный дождемер? Как они устанавливаются?
4. Как устроен весовой снегомер?
5. Как с помощью весового снегомера определить запас воды в снежном покрове?
6. Как следует поступить, если высота снежного покрова превышает высоту цилиндра снегомера?

Лабораторная работа №6. Атмосферное давление

Цель работы. Определение атмосферного давления.

Приборы и принадлежности: барометр стационарный, барометр-анероид.

Атмосферное давление – это сила, действующая на единицу поверхности, т. е. атмосферное давление в каждой точке атмосферы равно массе вышележащего столба воздуха с основанием, равным единице площади.

Единицей давления является паскаль (Па), равный силе в 1 ньютон (Н), действующей на площадь в 1 м^2 ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$). В метеорологии давление выражают в гектопаскалях (гПа) с точностью до 0,1 гПа.

До недавнего времени в качестве единицы давления использовали миллибар (мбар) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.). Существующие приборы для измерения давления имеют шкалы также в разных единицах. Соотношение между этими единицами следующее:

$1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм рт. ст.}; 1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ гПа} = 1,33 \text{ мбар}.$

Атмосферное давление является одной из важнейших метеорологических величин. Изменение его во времени в данной местности тесно связано с развитием атмосферных процессов (приближением и прохождением фронтов, циклонов, антициклонов); развития по горизонтали являются непосредственной причиной движения воздуха; закономерности изменения давления с высотой используются для решения ряда практических задач, в частности, для определения превышения между двумя уровнями.

Для расчета небольших разностей высот (до 1000 м) используется барометрическая формула Бабинэ:

$$h = 16000 \left(1 + 0,00366 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}, \quad (24)$$

где h – превышение, м;

p_1 и p_2 – давление воздуха на нижнем и верхнем уровнях, гПа, мбар или мм рт.ст.;

t_1 и t_2 – температура воздуха соответственно на нижнем и верхнем уровнях;

0,00366 – коэффициент расширения газа.

Эта формула позволяет осуществлять барометрическое нивелирование и может быть использована в практике сельского хозяйства для составления топографиче-

ских карт в сильно пересеченной местности, когда обычное нивелирование применить трудно.

6.1. Приборы для измерения атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления применяют ртутные и деформационные барометры разных типов, а для непрерывной регистрации давления – барографы.

В ртутных барометрах определение давления основано на измерении высоты ртутного столба, уравнивающего атмосферное давление, а в деформационных – зависимости упругой деформации твердых тел от оказываемого на них давления. Наиболее распространенными чувствительными элементами в этих приборах являются anerоидные мембранные коробки (барокоробки) и блоки из них (бароблоки).

Станционный чашечный барометр СР состоит из стеклянной трубки 6 длиной около 800 мм и внутренним диаметром 7,2 мм, запаянной с верхнего конца и заполненной очищенной ртутью. Нижний конец трубки опущен в пластмассовую чашку 9 и укреплен с помощью шайбы (рис. 22). Чашка 9 состоит из трех свинчивающихся частей. В средней части чашки имеется диафрагма с отверстиями. Диафрагма, занимая некоторый объем, дает возможность наливать в чашку меньше ртути, а также предохраняет ртуть от сильных колебаний и от попадания воздуха в стеклянную трубку при переноске прибора. Барометр сообщается с атмосферным воздухом через резьбовое отверстие в крышке чашки, которое для предохранения ртути от загрязнения закрывается винтом 1 с кожаной шайбой.

Стеклянная трубка находится в металлической оправе 2. В нижней части ее укреплен термометр 8 для измерения температуры прибора с ценой делений 1,00°C. В верхней части оправы имеется сквозная прорезь, позволяющая видеть мениск ртутного столба в стеклянной трубке. С левой стороны прорези нанесена шкала 3 с пределами измерений от 680 до 1070 (СР-А) или от 810 до 1100 мбар (СР-Б). Вдоль стеклянной трубки с помощью кремальеры 7 перемещается кольцо с укрепленными на нем нониусом 5, который служит для наводки на мениск ртутного столба и для отсчета десятых долей. В верхней части оправы укреплено кольцо 4 для подвешивания барометра.

У с т а н о в к а. Барометр подвешивают за кольцо на крюк в специальном шкафу, укрепленном на капитальной стенке вдали от обогревательных систем, окон и дверей.

И з м е р е н и я. Перед измерением открывают шкаф и включают освещение. Вначале отсчитывают показания термометра с точностью до 0,1°C, а затем, слегка постучав по защитной оправе барометра, чтобы мениск ртути в стеклянной трубке принял нормальную форму, подводят сверху нониус с помощью кремальеры до ка-

жущегося касания его нижнего среза вершины мениска ртути (при правильной установке нониуса слева и справа должны быть видны небольшие уголки просвета) и отсчитывают показания барометра с точностью до 0,1 мбар (0,1 гПа). Целые деления отсчитывают по нижнему срезу нониуса, а десятые – по нониусу. Деление нониуса, совпадающее с делением шкалы, показывает число десятых долей.

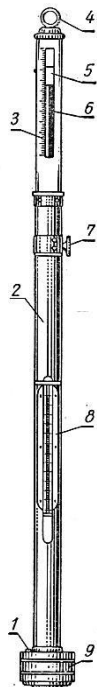


Рис. 22. Барометр чашечный стационарный СР:

- 1 – винт; 2 – оправа;
- 3 – шкала; 4 – кольцо;
- 5 – нониус; 6 – трубка с ртутью; 7 – кремальера;
- 8 – термометр; 9 – чашка

Обработка измерений. В показания барометра вводят три поправки: инструментальную (которая учитывает неточности в изготовлении прибора), поправку на температуру барометра и ускорение свободного падения.

Введением поправок на температуру и ускорение свободного падения показания барометра приводят к температуре 0°C и широте места 45° на уровне станции. Так как в зависимости от изменения давления поправка на ускорение свободного падения меняется незначительно, то для данного места ее определяют по среднегодовому давлению и суммируют с инструментальной, получая постоянную поправку. Таким образом в результаты отсчета по барометру вводят две поправки: одну постоянную и вторую на температуру, которую определяют по специальной таблице.

Барометр-анероид БАММ-1. Анероиды выпускаются нескольких конструкций. В настоящее время наиболее распространенным является барометр-анероид БАММ-1.

Принцип действия БАММ-1 основан на деформации мембранных анероидных коробок под действием давления и преобразования линейных перемещений мембран посредством передаточного механизма в угловые перемещения стрелки относительно шкалы. Чувствительный элемент анероида (рис. 23) состоит из трех последовательно соединенных анероидных коробок 2 (бароблока). Одна из крепежных ножек

его неподвижно прикреплена с помощью пластины к стойкам 16, расположенным между металлическими платами 1, а вторая шарнирно соединена с помощью жесткой тяги 3 с рычагом промежуточной оси 5. Вторым рычагом ее является движок 8, который соединен пластинчато-шарнирной цепочкой 10 с роликом 12, насаженным на общую со стрелкой 7 ось 11. Для создания постоянного натяжения цепочки на оси 11 имеется спиральная пружина (волосок) 14. Для отсчета давления к верхней плате с помощью втулок и винтов прикреплена пластина 13 с отверстием в центре для выхода оси 11, на конец которого насажена стрелка 7. Пластина имеет круговую шкалу с делениями в паскалях. Цена одного деления составляет 100 Па или 1 гПа. На некоторых анероидах шкала градуирована в миллиметрах ртутного столба с ценой деления 0,5 мм. Для измерения температуры прибора в прорези шкальной пластины прикреплен дугообразный ртутный термометр 9. Цена деления шкалы термометра равна 1°C.

Регулировка чувствительности анероида при его проверке производится винтом 6, а установка стрелки на соответствующее деление – винтом 15. После проверки прибора не рекомендуется пользоваться регулировочными винтами, так как это влечет за собой изменение поправок анероида.

Механизм анероида помещается в пластмассовый корпус, закрывается стеклом, которое закрепляется навинченным на корпус кольцом. В корпусе есть отверстие, через которое при проверке можно вращать с помощью отвертки винт 15. Анероид хранится в футляре. Это предохраняет его от резких колебаний температуры.

У с т а н о в к а. Барометр-анероид устанавливают горизонтально на специальной подставке или на столе. Футляр, в котором находится анероид, открывают только на время измерений.

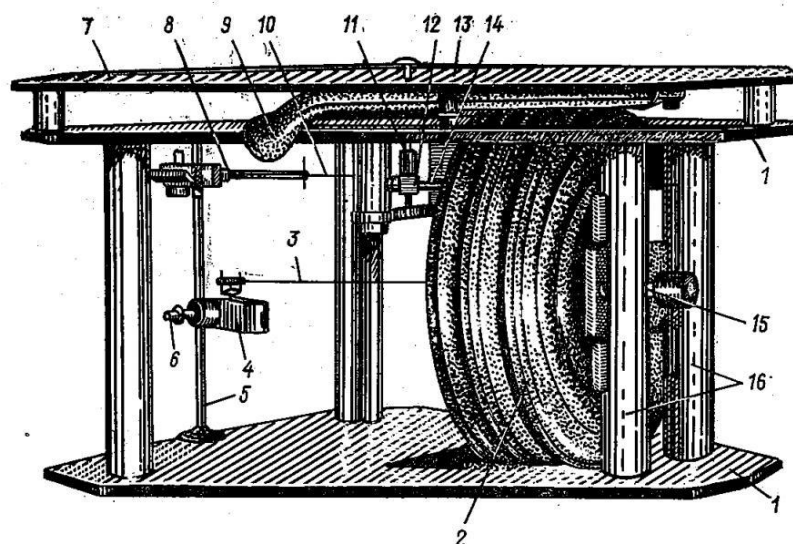


Рис. 23. Механизм барометра-анероида БАММ-1:

- 1 – плата; 2 – анероидные коробки; 3 – тяга; 4 – рычаг;
- 5, 11 – оси; 6, 15 – регулировочный и установочный винты;
- 7 – стрелка; 8 – движок; 9 – термометр; 10 – цепочка;
- 12 – ролик; 13 – пластина; 14 – колосок; 16 – стойки

Измерения. При измерениях вначале отсчитывают температуру по термометру при anerоиде с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. После этого, слегка постучав по стеклу anerоида для преодоления трения в передающей части, отсчитывают положение стрелки относительно шкалы с точностью до $0,1$ гПа, или $0,1$ мм рт. ст.

Обработка измерений. В показания anerоида вводят три поправки: шкаловую, температурную и добавочную. Шкаловая поправка учитывает инструментальную неточность anerоида, возникающую в результате технологических допусков при изготовлении прибора. В различных участках шкалы она может быть разной.

В поверочном свидетельстве шкаловые поправки приводятся для всей шкалы через каждые 10 гПа, или 10 мм рт. ст. Для промежуточных показаний поправку определяют путем интерполяции двух соседних поправок.

Температурная поправка учитывает влияние температуры. При одном и том же атмосферном давлении, но разной температуре прибора показания anerоида могут быть разными, так как с изменением температуры упругость мембранных коробок не остается постоянной. Чтобы исключить влияние температуры, показания anerоида приводятся к 0°C . Для этой цели определен температурный коэффициент, представляющий собой изменение показания anerоида при изменении температуры на 1°C . Он указан в поверочном свидетельстве. Для получения температурной поправки его следует умножить на температуру прибора.

Добавочная поправка учитывает остаточную деформацию коробок. Эта поправка меняется во времени. Поэтому в поправочном свидетельстве указывают дату ее определения. Добавочную поправку рекомендуется определять не реже одного раза в 6 месяцев, а при барометрическом нивелировании – до начала и после работы. Для определения добавочной поправки необходимо провести одновременные отсчеты по стационарному чашечному барометру и anerоиду (3–5 отсчетов). Разница между показаниями ртутного барометра с учетом всех поправок и anerоида с двумя поправками (температурной и шкаловой) будет добавочной поправкой к anerоиду.

Барометры-анероиды имеют широкое распространение, так как габариты их небольшие, они просты в обращении и удобны при транспортировке. Вследствие этого anerоиды используются для барометрического нивелирования.

6.2. Выполнение работы

1. Изучите устройство и установку ртутного чашечного барометра.
2. Произведите измерение атмосферного давления.
 - а) Отсчитайте показания термометра на корпусе барометра с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$.
 - б) Слегка постучите по защитной оправе барометра, чтобы мениск ртути в стеклянной трубке принял нормальную форму и подведите сверху нониус с помощью

кремальеры до кажущегося касания его нижнего среза вершины мениска ртути (при правильной установке нониуса слева и справа должны быть видны небольшие уголки просвета).

в) Отсчитайте показания барометра с точностью до 0,1 мм рт. ст., или 0,1 гПа. Целые деления отсчитывают по нижнему срезу нониуса, а десятые – по нониусу. Деление нониуса, совпадающее с делением шкалы, показывает число десятых долей. Если отсчет по барометру произведен в миллиметрах ртутного столба, необходимо показания барометра перевести в гектопаскалы, умножив полученное значение на 1,33.

г) В показания барометра введите три поправки: инструментальную (которая учитывает неточности в изготовлении прибора), она указана на барометре; поправку на температуру барометра (прил. 2) и на ускорение свободного падения, которое зависит от широты местности (прил. 3). Результаты измерений занесите в табл. 9. Чтобы получить исправленное значение, необходимо к полученному отсчету прибавить поправки (с учетом знака).

Т а б л и ц а 9. Результаты измерения атмосферного давления для ртутного чашечного барометра

Дата, время наблюдения	Чашечный барометр			
	Температура	Отсчет давления	Поправки:	Исправленное значение
			1.Инструментальная 2.Температурная 3.Нашироту местности	

Контрольные вопросы

1. Что понимают под атмосферным давлением?
2. В каких единицах измеряется атмосферное давление?
3. Как устроен чашечный барометр?
4. Как производится отсчет чашечного барометра и какие вводятся поправки?
5. Как устроен барометр-анероид?
6. Перечислить поправки для барометра-анероида.
7. Для чего перед отсчетом анероида следует слегка постучать пальцем по стеклу прибора?

Лабораторная работа №7. Скорость и направление ветра

Цель работы. Определение направления и скорости ветра.

Приборы и принадлежности: флюгер, ручной анемометр.

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Основными характеристиками ветра являются скорость и направление.

Скорость ветра измеряют числом метров, которое воздушный поток проходит в секунду (м/с). Иногда ее выражают в километрах в час (км/ч) или в условных единицах – баллах.

Направление ветра определяют той частью горизонта, откуда дует ветер, и выражают в румбах горизонта или в угловых градусах. Направление ветра в румбах горизонта определяют по 16-румбовой системе (рис. 24).

Для обозначения румбов используют начальные буквы стран света. При измерении направления в градусах принимают север за 360 или 0°, восток – 90°, юг – 180°, запад – 270°. В ряде случаев оценивают порывистость ветра, т. е. изменение мгновенных значений скорости и направления ветра во времени.

Ветер является важным фактором среды. Он обуславливает перемешивание воздуха, поддерживая постоянство газового состава атмосферы, перенос водяного пара и тепла на земной поверхности, оказывает влияние на режим основных метеорологических факторов в приземном слое среди растений. Ветер способствует опылению растений и переносу семян дикорастущих деревьев, трав, является дешевым источником энергии.

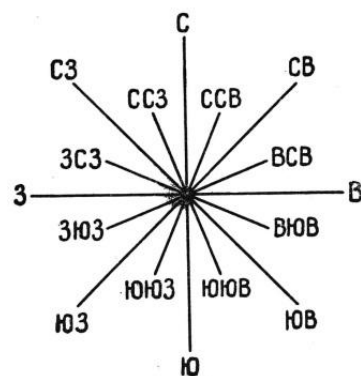


Рис. 24. Расположение
румбов

С – север; ССВ – северо-северо-восток; СВ – северо-восток; ВСВ – востоко-северо-восток; В – восток; ВЮВ – востоко-юго-восток; ЮВ – юго-восток; ЮЮВ – юго-юго-восток; Ю – юг; ЮЮЗ – юго-юго-запад; ЮЗ – юго-запад; ЗЮЗ – западо-юго-запад; З – запад; ЗСЗ – западо-северо-запад; СЗ – северо-запад; ССЗ – северо-северо-запад

От скорости ветра зависят испарение и транспирация. При сильном ветре и высокой температуре воздуха в результате высушивания почвы происходит увядание растений. Значительное усиление ветра может сопровождаться развитием пыльных бурь. Сильный ветер наносит большой вред деревьям, обламывая сучья, ветви, и посевам, вызывая полегание хлебов и т. д.

Скорость и направление ветра необходимо учитывать при проведении подкормки посевов удобрениями и при опылении садов ядохимикатами с самолетов и вертолетов, при орошении дождеванием и пр. Направление господствующих ветров важно знать при закладке лесных полос и посеве кулис, при осуществлении мероприятий по снегозадержанию и борьбе с ветровой эрозией, при выборе места для строительства ферм и жилых зданий.

7.1. Приборы для измерения скорости и направления ветра

Приборы для измерения скорости ветра называются анемометрами, для измерения скорости и направления ветра – анеморумбометрами, а некоторые из них – ветромерами. Первичными приемниками направления ветра являются флюгарки, свободно вращающиеся вокруг вертикальной оси. Большинство из них с одной стороны имеют две пластины, расположенные под углом, а с другой – противовес. Приемниками приборов для измерения скорости ветра служат чашечные вертушки, воздушные винты и свободно подвешенные около горизонтальной оси пластины.

Для измерения скорости и направления ветра наибольшее распространение имеют флюгер, анеморумбометры и анемометры.

Флюгер стационарный ФВЛ, ФВТ (рис. 25). Приемником направления ветра служит двухлопастная флюгарка 1 с противовесом. Она укреплена на трубе 7, которая надевается на заостренный конец неподвижной оси 9 и свободно вращается во-

круг нее. Для определения направления ветра на неподвижной оси расположена муфта 8 с восемью штифтами, указывающими направление света.

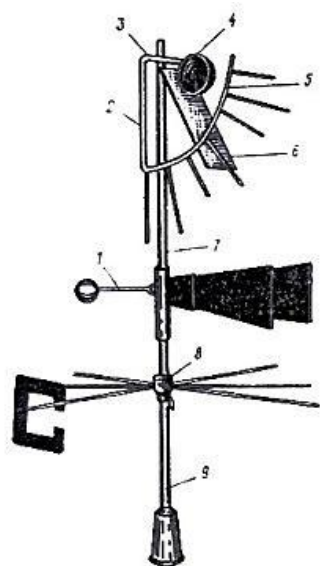


Рис. 25. Флюгер
станционный ФВЛ, ФВТ:
1 – флюгерка; 2 – рамка;
3 – горизонтальная ось;
4 – противовес; 5 – дуга со
штифтами; 6 – металличе-
ская доска; 7 – трубка;
8 – муфта; 9 – неподвижная
ось

Приемник скорости ветра смонтирован над флюгаркой. Им служит прямоугольная металлическая доска (пластина) 6, свободно качающаяся около горизонтальной оси 3, закрепленной в упорах рамки 2 перпендикулярно флюгарке.

Рамка имеет дугу 5 с восемью штифтами, по которым отсчитывают положение доски, отклоняющейся под действием ветра, и противовес 4 для уравнивания дуги. Штифты нумеруются от 0 до 7. Для удобства отсчета четные штифты (0, 2, 4, 6) длиннее нечетные (1, 3, 5, 7). Каждому штифту соответствует определенная скорость ветра. Для выражения скорости ветра в метрах в секунду пользуются градуировочной таблицей (табл. 10).

Флюгеры выпускаются с легкой (200 г) и тяжелой (800 г) досками, они обеспечивают измерение скорости ветра соответственно до 20 и 40 м/с.

У с т а н о в к а. Флюгер устанавливают на открытой площадке на мачте высотой 10–12 м от земли или на крышке здания. Высота установки над крышей должна быть не менее 4 м. Штифты для определения направления ветра ориентируют по сторонам света. Для этого штифт с буквой С устанавливают на астрономический север по полуденной линии или с помощью магнитного компаса.

Так как магнитное склонение данного места не всегда точно известно, то надежнее ориентировать флюгер по полуденной линии, которую находят по тени от оси флюгера в истинный полдень и отмечают направление ее несколькими колышками или шнуром, натянутым на двух колышках.

При правильной установке направление штифта с буквой С должно совпадать с направлением полуденной линии.

Измерения. При определении направления ветра наблюдатель стоит под указателем направления ветра, следит за положением противовеса флюгерки относительно указательных штифтов и отмечает среднее положение противовеса за 2 мин.

Для измерения скорости ветра необходимо несколько отойти от мачты флюгера и стать так, чтобы доска и дуга со штифтами были хорошо видны. Скорость ветра непрерывно изменяется. Поэтому отмечают номер штифта, соответствующего среднему положению доски в течение 2 мин. После этого скорость ветра по номеру штифта переводят в метры в секунду (табл. 10). Например, во время измерений доска (легкая) находилась около третьего штифта, значит, скорость ветра была 6 м/с.

Измерения по флюгеру позволяют определить характер ветра (ровный, порывистый, меняющий свое направление) и максимальную скорость. При скоростях ветра больше 10 м/с измерения производят по флюгеру с тяжелой доской. При этом записывают среднее и верхнее положение доски, куда она доходила в течение 2 мин.

Т а б л и ц а 10. Градуировочная таблица флюгеров с легкой и тяжелой доской

Положение доски	Скорость ветра, м/с		Положение доски	Скорость ветра, м/с	
	Легкая доска	Тяжелая доска		Легкая доска	Тяжелая доска
Штифт 0	0	0	Штифт 4	8	16
Между штифтами 0 и 1	1	2	Между штифтами 4 и 5	9	18
Штифт 1	2	4	Штифт 5	10	20
Между штифтами 1 и 2	3	6	Между штифтами 5 и 6	12	24
Штифт 2	4	8	Штифт 6	14	28
Между штифтами 2 и 3	5	10	Между штифтами 6 и 7	17	34
Штифт 3	6	12	Штифт 7	20	40
Между штифтами 3 и 4	7	14	Выше штифта 7	> 20	> 40

Анемометр ручной чашечный МС-13 (рис. 26) служит для измерения скорости ветра за небольшие промежутки времени (обычно 10 мин) в пределах от 1 до 20 м/с. Его широко применяют при агрометеорологических наблюдениях для измерения скорости ветра на полях с различными культурами, в лесополосах и др.

Чувствительным элементом анемометра является вертушка 1 с четырьмя полушариями, обращенными выпуклостями в одну сторону. Вертушка насажена на ось 3. В нижней части ось имеет червячную (винтовую) нарезку 5, соприкасающуюся с зубчатым колесом, которое передает вращение вертушки счетному механизму. Счетный механизм помещен в корпусе 4 и представляет собой систему зубчатых колес, связанных с тремя стрелками, которые при вращении вертушки перемещаются по трем шкалам.

Центральная шкала имеет 100 делений. По этой шкале отсчитывают десятки и единицы оборотов. Малые шкалы имеют по 10 делений и служат для отсчета сотен и тысяч оборотов. При полном обороте стрелка на шкале «сотен» поворачивается на одно деление и т.д.

От механических повреждений вертушка защищена металлическими дужками 2 (на рис. 26 показано место крепления их). В нижней части корпуса имеется винт 11 для установки анемометра на столбе.

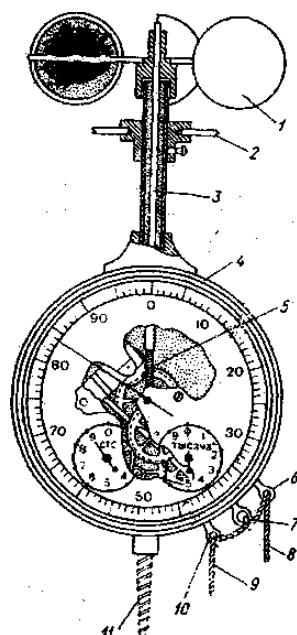


Рис. 26. Анемометр ручной чашечный ГМС-13:

1 – вертушка; 2 – защитная дужка; 3 – ось;

4 – корпус; 5 – червяк; 6, 10 – ушки;

7 – кольцо арретира; 8, 9 – шнуры; 11 – винт

У с т а н о в к а. Ручной анемометр устанавливают на столбе нужной высоты, ввинчивая винт 11 в верхушку столба, или держат на вытянутой руке плоской поверхностью корпуса параллельно направлению ветра, шкальной стороной к наблюдателю.

Счетный механизм включается и выключается арретиром, выступающий конец которого расположен сбоку корпуса и имеет вид подвижного кольца 7. Движением

арретира вверх (против часовой стрелки) счетчик анемометра включают, а движением вниз (по часовой стрелке) – выключают.

В корпусе прибора по обе стороны арретира ввинчены два ушка 6 и 10, через которые протягиваются концы шнура 8, 9, прикрепленного к кольцу 7 для включения и выключения прибора, когда его нельзя достать рукой.

Измерения. Перед измерением при выключенном счетчике записывают начальные показания, т. е. положение всех трех стрелок (тысячи, сотни, десятки, единицы), устанавливают анемометр на заданной высоте и через 20–30 с, когда скорость вращения вертушки установится, счетчик анемометра включают.

Через определенное время (на практике чаще всего через 10 мин после включения) счетчик выключают и записывают новые показания прибора (тысячи, сотни, десятки, единицы) и время работы прибора в секундах. Секундомер включают и выключают одновременно с арретиром анемометра. По разности показаний счетчика, деленной на время работы прибора, определяют среднее число делений счетчика в 1 с. Для выражения средней скорости ветра в метрах в секунду пользуются поверочным свидетельством данного прибора, в котором имеется градуировочный график или таблица. Между наблюдениями анемометр хранится в футляре с выключенным механизмом.

Для измерения скорости ветра может быть использован анемометр ручной индукционный АРИ-49, который имеет шкалу, градуированную в м/с. Пределы измерения от 2 до 30 м/с.

7.2. Роза ветров

Для характеристики ветрового режима местности могут быть необходимы сведения о преимущественном направлении ветра. Для этого вычисляют повторяемость по каждому румбу, выражая ее или числом случаев, соответствующих данному румбу, или в процентах от общего числа случаев всех направлений. Например, в табл. 11 приводится повторяемость различных направлений ветра в процентах по многолетним данным для января и июля.

Т а б л и ц а 11. Повторяемость направлений ветра (%) и среднее число штилей

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Число штилей
Январь	3	7	35	11	6	10	20	8	7
Июль	9	8	13	5	6	10	33	16	9

Для наглядного представления о распределении различных направлений ветра за соответствующий период времени (месяц, сезон, год) используют графическое изображение, получившее название **розы ветров**.

Для построения розы ветров из одной точки по направлению основных восьми румбов откладывают отрезки, соответствующие повторяемости направления ветра (%) данного румба в выбранном масштабе. Полученные точки на румбах соединяют прямыми линиями (рис.27).

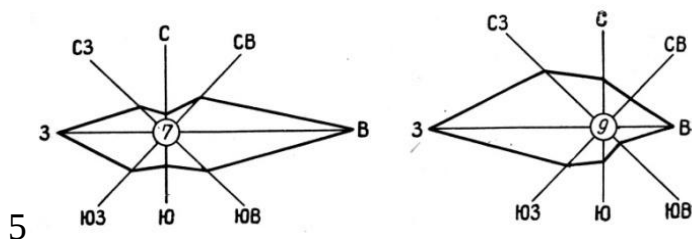


Рис. 27. Роза ветров

В центре розы ветров показывают число штилей. Анализируя розу ветров, можно сделать вывод, что в данном случае промышленные предприятия и фермы лучше располагать с южной или северо-восточной стороны от населенных пунктов, лесные полосы – в направлении с севера на юг и т. д.

7.3. Выполнение работы

1. Изучите устройство флюгера стационарного.
2. Определите направление ветра с помощью флюгера (по указанию преподавателя).
3. Произведите измерение скорости ветра с помощью ручного анемометра (на площадке перед учебным корпусом).
 - а) Перед измерением при выключенном счетчике запишите начальные показания в виде четырехзначного числа, т. е. положение всех трех стрелок (тысячи, сотни, десятки, единицы). Результаты измерений занесите в табл. 12.
 - б) Установите анемометр на заданной высоте и через 20–30 с, когда скорость вращения вертушки установится, включите счетчик анемометра.
 - в) Через 3–10 мин после включения счетчик выключите и запишите новые показания прибора (тысячи, сотни, десятки, единицы) и время работы прибора в секундах. Секундомер включают и выключают одновременно с арретиром анемометра.
 - г) Разность показаний счетчика разделите на время работы прибора и определите среднее число делений счетчика в 1 с.
 - д) Для выражения средней скорости ветра в метрах в секунду используйте поверочное свидетельство данного прибора, в котором имеется градуировочный график или таблица. Результаты расчетов занесите в табл. 12.
 - е) Постройте розу ветров (по указанию преподавателя).

Т а б л и ц а 12. Результаты измерения скорости ветра

Место измерения	Время	Отсчеты		Разность отсчетов	Время работы прибора, с	Число оборотов в 1 с	Скорость ветра, м/с
		начальный	конечный				

Контрольные вопросы

1. Что такое ветер?
2. Как определяют направление ветра и в каких единицах измерения его выражают?
3. Какими приборами измеряется направление и скорость ветра?
4. Как устроен флюгер?
5. Почему флюгарку делают из двух пластин, расположенных под углом?
6. Для чего делается противовес к пластинкам флюгарки?
7. Как производится измерение скорости и определяется направление ветра с помощью флюгера?
8. Как определить скорость ветра с помощью ручного анемометра?
9. Как строится роза ветров и где она применяется в сельскохозяйственном производстве?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Давление насыщенного водяного пара E_v над плоской поверхностью чистой воды при разных температурах, гПа

t°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5
1	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,98	6,9	7,0	7,0
2	7,0	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,5	7,5
3	7,6	7,6	7,7	7,7	7,8	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1
4	8,1	8,2	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7
5	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0	9,0	9,1	9,2	9,2	9,3
6	9,4	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	10,0
7	10,0	10,1	10,2	10,2	10,3	10,4	10,4	10,5	10,6	10,6
8	10,7	10,8	10,9	11,0	11,0	11,1	11,2	11,2	11,3	11,4
9	11,5	11,6	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,0	12,1	12,2
10	12,3	12,4	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0	13,0
11	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,8	13,8	13,9
12	14,0	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9
13	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9

14	16,0	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	17,0
15	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	18,0	18,1
16	18,2	18,3	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,3
17	19,4	19,5	19,6	19,8	19,9	20,0	20,1	20,3	20,4	20,5
18	20,6	20,8	20,9	21,0	21,2	21,3	21,4	21,6	21,7	21,8
19	22,0	22,1	22,3	22,4	22,5	22,7	22,8	23,0	23,1	23,2
20	23,4	23,5	23,7	23,8	24,0	24,1	24,3	24,4	24,6	24,7
21	24,9	25,0	25,2	25,4	25,5	25,7	25,8	26,0	26,1	26,3
22	26,5	26,6	26,8	26,9	27,1	27,3	27,4	27,6	27,8	27,9
23	28,1	28,3	28,5	28,6	28,8	29,0	29,2	29,3	29,5	29,7
24	29,9	30,0	30,2	30,4	30,6	30,8	31,0	31,1	31,3	31,5
25	31,7	31,9	32,1	32,3	32,5	32,7	32,9	33,0	33,2	33,4
26	33,6	33,8	34,0	34,2	34,4	34,6	34,9	35,1	35,3	35,5
27	35,7	35,9	36,1	36,3	36,5	36,8	37,0	37,2	37,4	37,6
28	37,8	38,1	38,3	38,5	38,7	39,0	39,2	39,4	39,6	39,9
29	40,1	40,3	40,6	40,8	41,0	41,3	41,5	41,8	42,0	42,2
30	42,5	42,7	43,0	43,2	43,5	43,7	44,0	44,2	44,5	44,7
31	45,0	45,2	45,5	45,8	46,0	46,3	46,5	46,8	47,1	47,3
32	47,6	47,9	48,1	48,4	48,7	49,0	49,2	49,5	49,8	50,1
33	50,4	50,6	50,9	51,2	51,5	51,8	52,1	52,4	52,7	53,0
34	53,5	53,6	53,8	54,2	54,5	54,8	55,1	55,4	55,7	56,0
35	56,3	56,6	56,9	57,2	57,6	57,9	58,2	58,5	58,8	59,2
36	59,5	59,8	60,1	60,5	60,8	61,1	61,5	61,8	62,2	62,5
37	62,8	63,2	63,5	63,9	64,2	64,6	64,9	65,3	65,6	66,0
38	66,3	66,7	67,0	67,4	67,8	68,2	68,5	68,9	69,3	69,6

Приложение 2

Поправка к показаниям барометра на температуру, Мб

t	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020
10,0	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
14,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
15,0	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5
16,0	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7
17,0	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8

18,0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0
19,0	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2
20,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
21,0	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5
22,0	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6
23,0	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8
24,0	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0
25,0	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2
26,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3
27,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5
28,0	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6

Приложение 3

Прибавка к показаниям барометра на силу тяжести на широте 54°, Мб

940	950	960	970	980	990	1000	1010	1013,2	1020
0,75	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82

3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.

3.1 Вопросы промежуточного контроля (тесты) по дисциплине «Агрометеорология»

для студентов агроэкологического факультета
специальностей 1-74 02 05 *Агрохимия и почвоведение*,
1-74 02 03 *Защита растений и карантин*, 1-74 02 04 *Плодоовощеводство*,
1-74 02 04 *Плодоовощеводство (ССО)*,
1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*
и для студентов агробиологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

1. В состав атмосферного воздуха входят:

- 1. 78% азота 21 кислорода 1% другие газы
- 2. 50% азота 50% кислорода
- 3. 78% кислорода 22% азота
- 4. 40% кислорода 60% азота

2. Озоновый слой расположен в:

- 1) тропосфере 2) стратосфере 3) мезосфере 4) экзосфере

3. Наибольшее количество водяного пара содержится в :

- 1) тропосфере 2) стратосфере 3) экзосфере 4) мезосфере

4. Температура воздуха в озоновом слое равна:

- 1) 0°C 2) 20°C 3) -10°C 4) -50°C

5. Голубой свет неба объясняется рассеиванием коротковолнового излучения на:

- 1) молекулах воздуха 2) каплях воды
- 3) частицах пыли 4) аэрозолях

6. Эффективное излучение возникает из-за:

- 1) нагревания Земли 2) нагревания атмосферы
- 3) нагревания водной поверхности 4) 1 и 2.

7. Рассеянная солнечная радиация поступает от:

- 1) диска Солнца 2) небосвода 3) облаков 4) 2 и 3

8. В процессе фотосинтеза используется солнечная радиация:

- 1) прямая и рассеянная 2) прямая 3) рассеянная 4) отраженная

9. Альбедо характеризует способность поверхности:

- 1. отражать солнечную радиацию
- 2. поглощать солнечную радиацию
- 3. нагреваться
- 4. охлаждаться

10. Сухая поверхность больше чем влажная

- 1) отражает солнечную радиацию 2) поглощает солнечную радиацию
- 3) нет правильного ответа 4) рассеивает солнечную радиацию

11. Наибольшее количество тепла поглощают:
 1) *темные почвы* 2) *светлые почвы*
 3) *от цвета почвы не зависит* 4) *нет правильного ответа*
12. Теплопроводность влажной и сухой почвы:
 1) *одинакова* 2) *у сухой теплоемкость больше*
 3) *у влажной теплоемкость больше* 4) *не зависит от влажности.*
13. Испарение из почвы зависит от:
 1) *влажности воздуха* 2) *скорости ветра*
 3) *температуры почвы и атмосферного давления* 4) *1,2,3.*
14. Для уменьшения испарения из почвы ее:
 1) *рыхлят* 2) *уплотняют* 3) *высаживают лесополосы* 4) *1 и 3*
15. Влажные почвы накапливают тепла
 1) *больше, чем сухие* 2) *меньше, чем сухие*
 3) *одинаково с сухими* 4) *нет правильного ответа.*
16. Для сохранения и увеличения снежного покрова применяют:
 1) *снегозадержание* 2) *снегопахоту*
 3) *на полях оставляют на зиму стерню и стебли растений* 4) *1, 2, 3*
17. Горизонтальное перемещение воздуха относительно поверхности земли называется:
 1) *ветер* 2) *оттепель* 3) *изморозь* 4) *град*
18. Относительная влажность воздуха определяется по формуле:
 1). $\frac{e}{E} \cdot 100$ 2) $\frac{E}{e} \cdot 100$
 3) $E - e$ 4) $e - E$
19. Точка росы – температура при которой:
 1) *водяной пар достигает насыщения над поверхностью воды или льда, т.е. $e = E$;*
 2) $E > e$ 3) $e > E$ 4) *нет правильного ответа*
20. Для определения влажности воздуха применяют методы:
 1) *психрометрический* 2) *гигрометрический*
 3) *аналитический* 4) *1 и 2*

Форма проведения – **компьютерное тестирование**

3.2 Вопросы текущей аттестации (зачет)

по дисциплине «Агрометеорология»

для студентов агроэкологического факультета
специальностей 1-74 02 05 *Агрохимия и почвоведение*,
1-74 02 03 *Защита растений и карантин*, 1-74 02 04 *Плодоовощеводство*,
1-74 02 04 *Плодоовощеводство (ССО)*,
1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*
и для студентов агробиологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

1. Предмет агрометеорологии, объекты и методы исследования. Основные задачи агрометеорологии. Ее связь с другими науками.
2. Земная атмосфера как среда сельскохозяйственного производства. Загрязнение атмосферы и борьба с ним.
3. Атмосферное давление и методы его измерения. Единицы измерения. Изменение давления и состава атмосферы с высотой.
4. Строение атмосферы. Современные методы исследования атмосферы.
5. Солнце и Земля как источники лучистой энергии.
6. Классификация растений по их фотопериодической реакции. Шкала солнечного излучения и оптические свойства атмосферы.
7. Поглощение и рассеяние солнечных лучей в атмосфере. Изменение спектрального состава солнечной радиации в зависимости от высоты солнца и высоты над уровнем моря.
8. Методы измерения составляющих радиационного баланса. Влияние экспозиции и крутизны склонов на приход солнечной радиации.
9. Процессы нагревания и охлаждения почвы. Суточный и годовой ход температуры почвы в Беларуси. Закономерности распространения тепла в почве.
10. Методы измерения температуры воздуха. Суточный и годовой ход температуры воздуха в Беларуси. Характеристики температурного режима.
11. Продолжительность вегетационного периода по районам Республики Беларусь. Влияние сумм температур на сроки сева озимых культур, подкормок озимых весной, сева яровых и других культур.
12. Влажность воздуха. Величины, характеризующие содержание водяного пара в атмосфере, их зависимость от температуры. Методы измерения влажности воздуха.
13. Изменение притока воды к поверхности почвы в зависимости от приемов обработки почвы. Транспирация.

14. Процессы конденсации и сублимации водяного пара в атмосфере. Ядра конденсации. Продукты конденсации и сублимации на подстилающей поверхности и их значение для сельского хозяйства.
15. Облака, их классификация и методы наблюдений за ними. Повторяемость облачности в Беларуси.
16. Осадки, их виды и типы. Методы измерения. Сельскохозяйственное значение осадков.
17. Снежный покров в Беларуси. Распределение снежного покрова на полях и его влияние на перезимовку озимых и накопление влаги в почве.
18. Годовой ход запасов продуктивной влаги на территории Республики Беларусь. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур и пастбищ.
19. Ветер. Причины возникновения ветра. Значение ветра в сельском хозяйстве.
20. Понятие о погоде. Циклоны. Антициклоны. Особенности погоды в циклонах и антициклонах. Проблема прогноза погоды.
21. Заморозки. Типы заморозков и условия их возникновения. Методы прогноза заморозков на территории Беларуси и защиты сельскохозяйственных культур от них.
22. Засухи и суховеи. Засушливые явления в Беларуси.
23. Климат Беларуси. Изменения и преобразования климата.
24. Агроклиматические ресурсы Беларуси и методы их оценки. Методы создания и регулирования микроклимата в теплицах и хранилищах.
25. Основные методы и принципы агрометеорологических наблюдений. Организация наблюдений на сети метеорологических станций.
26. Виды агрометеорологических прогнозов. Прогноз теплообеспеченности вегетационного периода. Прогноз запасов влаги в почве к началу весенних полевых работ.

Форма проведения – *устное собеседование*.

3.3 Критерии оценки

по дисциплине «Агрометеорология»

для студентов агроэкологического факультета
специальностей 1-74 02 05 *Агрохимия и почвоведение*,
1-74 02 03 *Защита растений и карантин*, 1-74 02 04 *Плодоовощеводство*,
1-74 02 04 *Плодоовощеводство (ССО)*,
1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*
и для студентов агробиологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

НЕ ЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Список литературы

по дисциплине «Агрометеорология»

для студентов агроэкологического факультета
специальностей 1-74 02 05 *Агрохимия и почвоведение*,
1-74 02 03 *Защита растений и карантин*, 1-74 02 04 *Плодоовощеводство*,
1-74 02 04 *Плодоовощеводство (ССО)*,
1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*
и для студентов агробиологического факультета
специальности 1 – 33 01 06 *Экология сельского хозяйства*

О с н о в н а я

1. Изменения климата Беларуси и их последствия /под общ. ред. В.Ф. Логинова .- Мн.: Тонпик, 2003.
2. К а ў р ы г а, П. А. Вучэбная практыка па метэаралогіі і кліматалогіі /П. А. Каўрыга. –Мн.: БДУ, 1995.
3. К а ў р ы г а, П. А. Характарыстыка клімату Беларусі /П. А. Каўрыга. –Мн.: БДУ, 1996.
4. К а ў р ы г а, П. А. Метэаралогія /П. А. Каўрыга.- Мн.: БДУ, 2005.
5. К а ў р ы г а, П. А. Лабараторны практыкум па метэаралогіі і кліматалогіі П.А. Каурыга. Мн.: Ураджай, 1997.
6. К и р и л е н к о, Л. Е. Метеорологические явления, опасные для сельского хозяйства: Лекция /Л. Е. Кириленко. – Горки, 2005.
7. Климат Беларуси: под ред. В. Ф. Л о г и н о в а. Мн., 1996.
8. Л о с е в, А. П. Агрометеорология /Л. Л. Журина. –Мн.: Колос, 2004.
9. Л о с е в, А. П. Сборник задач и вопросов по агрометеорологии / А.П. Лосев – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
10. П а в л о в а, М. Д. Практикум по агрометеорологии / М. Д. Павлова. –Л.: Гидрометеиздат, 1984.
11. Р а ж к о ў, Л. М. Экалогія з асновамі метэаралогіі /Л. М. Ражкоў. – Мн.: Ураджай, 1995.
12. Р а ж к о ў, Л. М. Экалогія з асновамі метэаралогіі. Лабараторны практыкум /Л. М. Ражкоў.- Мн.: БДТУ, 2007.
13. Ч и р к о в, Ю. А. Агрометеорология /Ю. А. Чирков. –Л.: Гидрометеиздат, 1985.
14. Х р о м о в, С. П. Метеорология и климатология /С. П. Хромов, А. Д. Петросянц. – М., 1994.

Д о п о л н и т е л ь н а я

1. Г о л ь б е р г, М.А. Опасные явления погоды и урожай /Г. В .Волобуева, А. А. Фалей .– Мн.: Ураджай, 1988.
2. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2.: Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. Часть 1: Основные метеорологические наблюдения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985.
3. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Том 2. Технические, овощные, плодовые, субтропические культуры, травы, пастбищная растительность, отгонное животноводство. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984.