Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

А. И. Юсов

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 551.58 (0.75.8)

Юсов, А. И.

Агрометеорология: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение / А. И. Юсов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 41 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Агрометеорология» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке и выполнению лабораторных занятий для направления подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, форма обучения очная.

Табл. 2, список лит. – 2 наименования

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой агрономии и агроэкологии 24 марта 2022 г., протокол № 5

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 15 апреля 2022 г., протокол № 4

УДК 551.58 (0.75.8)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.
© Юсов А. И., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……... 4
1. Методические рекомендации по изучению дисциплины…… 6
2. Методические рекомендации по подготовке к текущей аттестации…….. 36
3. Учебная литература и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента……. 38
Библиографический список……... 39

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области агрометеорологии, являющихся основой для решения профессиональных задач агропочвоведения и агроэкологии. Дисциплина формирующей у обучающихся готовность правильно оценивать и учитывать агрохимические условия с соблюдением требуемого качества выполняемых работ.

Агрометеорология – это наука, изучающая метеорологические условия в их взаимодействии с процессами роста, развития, формирования урожая сельскохозяйственных культур и агротехническими мероприятиями. Особенностью агрометеорологии как науки является ее междисциплинарность – являясь частью сельскохозяйственной метеорологии, агрометеорология базируется на различных областях знаний (климатологии, биологии, почвоведении, гидрологии и др.), раскрывающими связи объектов сельского хозяйства с погодой и климатом.

В качестве основных задач агрометеорологии можно выделить:

1) выявление климатических особенностей территории в целях наиболее рационального размещения объектов сельскохозяйственного производства;

2) обоснование способов и приемов агротехники, условий работы сельскохозяйственных машин;

3) обоснование мер борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур;

4) изучение климата и микроклимата с целью их возможного улучшения для сельскохозяйственного производства.

Дисциплина Б1.О.06.07 «Агрометеорология» относится к общепрофессиональному модулю основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение.

В результате обучения обучающийся должен:

Знать: состав, баланс, методы измерения и пути эффективного использования солнечной радиации; температурный и водный режим почвы и воздуха и методы измерения; опасные для сельского хозяйства метеорологические явления и меры борьбы с ними; составляющие климата и его оценку для целей сельскохозяйственного производства; виды и методы агрометеорологических наблюдений, виды и методы агрометеорологических прогнозов; использование агрометеорологической информации в аграрном производстве.

Уметь: измерять солнечную радиацию, температуру, влажность воздуха и почвы, давление, осадки, направление и скорость ветра; составлять агрометеорологические прогнозы; анализировать агрометеорологические условия.

Владеть: навыками описания и учета агрометеорологических условий для разработки элементов системы произрастания растений.

Для успешного освоения дисциплины «Агрометеорология», студент должен активно работать на лекционных и лабораторных занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

При реализации дисциплины «Агрометеорология» организуется практическая подготовка путем проведения практических и лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для успешного освоения дисциплины «Агрометеорология» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки к лабораторным занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые и практические задания. Тестирование и решение практических задач обучающихся проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после – проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса и имеющие положительные оценки.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Агрометеорология», студент должен научиться работать на лекциях, лабораторных занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблица 1.

Таблица 1. Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Количество часов
1	Введение в дисциплину. Строение атмосферы	1
2	Солнечная радиация	1
3	Температурный режим почвы и воздуха	2
4	Водяной пар в атмосфере. Осадки и почвенная влага	2
5	Ветер, погода и её предсказание	2
6	Опасные для сельского хозяйства метеорологические явления	2
7	Климат и его значение для сельского хозяйства	2
8	Агрометеорологические наблюдения, прогнозы и обеспечение производства	2
Итого		14

Тема 1. Введение в дисциплину. Строение атмосферы

Ключевые вопросы темы

Земная атмосфера, как среда сельскохозяйственного производства. Состав и состояние атмосферного воздуха. Стратификация атмосферы. Закономерности распределения в пространстве параметров состояния воздуха при статичном состоянии атмосферы. Атмосферное давление и уравнение статики атмосферы. Барометрические формулы. Изобары.

Содержание темы занятия

Атмосфера – это газовая оболочка Земли, состоящая из механической смеси газов, водяного пара, некоторого количества аэрозолей и участвующая в её суточном и годовом вращении.

Для воздуха, не содержащего водяного пара, на долю азота, кислорода и аргона приходится 99,96 % объемного содержания, на долю остальных газов

0,04 %. До высоты 90–95 км состав сухого воздуха в атмосфере характеризуется как постоянный.

В состав *реальной атмосферы* входят три важных переменных компонента: углекислый газ, озон и водяной пар.

Углекислый газ. Содержание углекислого газа подвержено большой изменчивости в силу как регионального характера, т. е. интенсивности фотосинтеза и процессов вулканической и тектонической активности в конкретном географическом районе, так и характера и степени антропогенного влияния. В воздухе у земной поверхности содержится в переменных количествах, в среднем 0,03 % по объему. Вблизи промышленных зон содержание CO_2 может достигать 0,05 %.

Озон. Определенной изменчивостью отличается еще один очень важный, с позиций переноса излучения в атмосфере, компонент – озон (O_3). Озон распределен в атмосфере по высоте неравномерно. Основная масса его находится в стратосфере. На высоте 20–26 км располагается слой, в котором концентрация озона максимальна.

Водяной пар. Обладает наибольшей изменчивостью. Его содержание в атмосфере колеблется от 0,2 % в полярных районах до 2,5 % в приэкваториальных, в некоторых географических районах достигая 4 %.

По составу воздуха атмосфера делится на гомосферу и гетеросферу.

Гомосфера – слой атмосферы от подстилающей поверхности до высоты 90–95 км, где содержание основных газов (азота, кислорода, аргона) остается постоянным.

Гетеросфера – слой атмосферы, расположенный выше 95 км. Состав атмосферного воздуха в гетеросфере значительно изменяется с высотой вследствие диссоциации молекул газа под влиянием ультрафиолетового излучения Солнца.

По физико-химическим процессам в атмосфере выделяют:

– озоносферу – слой атмосферы от 20 до 55 км с повышенным содержанием озона;

– ионосферу – слой атмосферы от 50–60 до 400 км, с относительно высоким содержанием положительных молекулярных и атомарных ионов и свободных электронов;

– нейтросферу – слои атмосферы от земной поверхности до высоты 70–90 км, где незаряженные частицы значительно преобладают над ионами;

– хемосферу – область верхней атмосферы от стратосферы до нижней части термосферы, в которой происходят фотохимические реакции, в частности с участием кислорода, озона, азота, гидроксила натрия.

По характеру изменения температуры воздуха с высотой атмосфера делится на основные и переходные слои.

Атмосферное давление – давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы и на поверхность Земли. В предположении статического равновесия (результирующая всех сил, действующих на систему, равна нулю) атмосферное давление в каждой точке атмосферы равно массе

вышележащего столба воздуха, имеющего основание в 1 ед. площади и простирающегося от данного уровня до пределов атмосферы.

За *стандартное атмосферное давление* принимают давление, которое уравновешивается массой ртутного столба высотой 760 мм с основанием в 1 м^2 при температуре 15 °С на широте 45° и на уровне моря, где ускорение свободного падения $\boldsymbol{g_0}$=9,80665 м/с^2.

Неподвижная по отношению к Земле атмосфера подвержена силе тяготения. Условие статического равновесия воздуха описывается *уравнением статики атмосферы*, связывающим давление воздуха $\boldsymbol{p}$, плотность $\boldsymbol{\rho}$, ускорение свободного падения $\boldsymbol{g}$ и высоту $\boldsymbol{z}$ или изменение атмосферного давления с высотой.

Из уравнения *статики атмосферы* следует, что в атмосфере давление с увеличением высоты всегда убывает. Чем выше расположен уровень, тем меньше убывание давления при подъеме на одну и ту же высоту.

Стандартная атмосфера (международная стандартная атмосфера) – некоторая, не зависящая от времени суток и года, одинаковая во всех случаях условная атмосфера, в которой распределение физических характеристик постоянно. Стандартная атмосфера [ГОСТ 4401–81 (СА–81)] определяет средние значения основных параметров атмосферы для высот от –2000 до 1200000 м для широты 45°32’33”, соответствующие среднему уровню солнечной активности.

Для стандартной атмосферы, параметры которой рассчитаны в предположении, что воздух представляет собой идеальный газ, приняты следующие условия: атмосферное давление на среднем уровне моря (нулевая геометрическая высота) $\boldsymbol{p}$=101325,0 Па (1013,25 гПа), температура воздуха T=288,15К (=15°С), плотность воздуха $\boldsymbol{\rho}$=1,2250 кг/м^3, ускорение свободного падения g_0=9,80665 м/с^2.

Барометрические формулы – это интегралы основного уравнения статики атмосферы, полученные при разных предположениях относительно изменения температуры и плотности воздуха с высотой.

С помощью барометрических формул решается ряд практических задач: определяется превышение одного уровня над другим; определяется давление на нижнем уровне; определяется давление на какой-либо высоте.

Для общего случая, т. е. для произвольного распределения температуры по высоте, влажного воздуха и изменения ускорения свободного падения в зависимости от широты места и высоты используется *полная барометрическая формула* (формула Лапласа–Рюльмана).

Для использования на практике применяют более простую барометрическую формулу – *барометрическую формулу реальной атмосферы*.

При определении высоты точки по измеренному давлению и расчете распределения давления в ограниченном слое атмосферы (не более 2000 м) используется *барометрическая формула Бабине*.

Для приближенной оценки высоты по известной разности давлений или, наоборот, для оценки давления по заданной разности высот пользуются понятием «*барическая ступень*». Барической ступенью называется такая

высота, на которую нужно подняться (опуститься) от (до) исходного уровня, чтобы давление понизилось (повысилось) на 1 гПа

Изобарами называют изолинии на географической карте, соединяющие точки с одинаковым атмосферным давлением. При изучении вертикального распределения давления в атмосфере и анализе атмосферных процессов с помощью карт абсолютной и относительной барической топографии вводится понятие *потенциала силы тяжести*, или *геопотенциала*, характеризующего потенциальную энергию частицы, расположенной в данной точке.

Любая точка с координатами x, y, z может быть охарактеризована значением в ней потенциала силы тяжести $\Phi\ (x,\ y,\ z)$. Поверхность, описываемая уравнением $\Phi(x,y,z)=const$, имеет одинаковый потенциал во всех точках и называется *изопотенциальной*, или *геопотенциальной*, поверхностью.

Разделив геопотенциал на нормальное (стандартное) ускорение свободного падения, получают значение *геопотенциальной высоты*. Геопотенциальную высоту выражают через *геопотенциальные метры* (гн.м), принимая, что 1 гн.м=9,80665 $м^2/с^2$.

Абсолютная высота изобарической поверхности (давление $p=const$) – геопотенциальная высота $H_р$ над уровнем моря, которая получается, если в барометрическую формулу ввести геопотенциальную высоту и среднюю барометрическую температуру.

Геопотенциальная высота зависит от давления на уровне моря и средней виртуальной температуры в столбе воздуха, заключенном между уровнем моря и изобарической поверхностью с давлением p. Карты, на которые нанесены значения называются картами *абсолютной топографии*. В прогностической практике широко используются также карты *относительной топографии*, на которые наносятся значения относительных. *Относительная высота* зависит только от средней виртуальной температуры столба воздуха, заключенного между изобарическими поверхностями с давлением p_1 и p_2. Поэтому карты относительной топографии используются для анализа атмосферных фронтов – их положения и интенсивности.

Линии равных значений $H_р$ и $H_{p_1}^{p_2}$ носят название *изогипс*, которые на картах проводятся через 4 гп. дам.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию «атмосфера».
2. Какие газы образуют основу состава атмосферы?
3. Дайте характеристику составляющих компонентов реальной атмосферы.
4. Назовите основные слои атмосферы исходя из характера изменения температуры.
5. Дайте характеристику атмосферных аэрозолей.
6. Объясните физический смысл понятия «атмосферное давление».
7. Какие практические задачи решаются с помощью барометрических формул?

8. Как определяется высота точки поверхности по измеренному давлению?

9. Дайте определение понятию «изобара».

10. Объясните принцип построения карты абсолютной топографии.

Тема 2. Солнечная радиация

Ключевые вопросы темы

Основные понятия и термины. Излучение Земли и атмосферы. Фотосинтетически активная радиация.

Содержание темы занятия

Солнечная радиация – обычно электромагнитная радиация Солнца, распространяющаяся в пространстве в виде электромагнитных волн со скоростью 300 000 км/с и проникающая в земную атмосферу в виде прямой и рассеянной радиации.

Энергия солнечной радиации – лучистая энергия Солнца. Солнечная радиация является основным источником энергии происходящих в атмосфере процессов и измеряется обычно по тепловому воздействию.

Спектр солнечной радиации – распределение лучистой энергии в потоке солнечной радиации по длинам волн: ультрафиолетовая ($\lambda < 0{,}40$ мкм), видимая ($0{,}40$ мкм $\leq \lambda < 0{,}76$ мкм) и инфракрасная ($\lambda \geq 0{,}76$ мкм).

Все тела, в том числе земная поверхность и атмосфера, способны частично или полностью поглощать, отражать или пропускать энергию излучения. Эти процессы подчинены соответствующим законам.

1. Закон Кирхгофа – в условиях термодинамического равновесия отношение излучательной способности тела для определенной длины волны и абсолютной температуры к его поглощательной способности есть величина для всех тел постоянная, равная излучательной способности абсолютно черного тела при тех же условиях.

2. Закон Планка — закон распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела по длинам волн.

3. Первый закон Вина, или закон смещения длины волны – длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности абсолютно черного тела, обратно пропорциональна абсолютной температуре.

4. Второй закон Вина – максимальная излучательная способность абсолютно черного тела возрастает пропорционально пятой степени абсолютной температуры.

5. Закон Стефана–Больцмана – полный поток излучения абсолютно черного тела возрастает пропорционально четвертой степени его абсолютной температуры.

Солнечная постоянная – поток солнечной радиации на перпендикулярную к лучам поверхность на границе атмосферы при среднем расстоянии Земли от Солнца, составляющий около 1,353 кВт/м^2. Эта величина не зависит от поглощения и рассеяния радиации в атмосфере, а зависит только от излучательной способности Солнца.

Солнечная радиация, поступающая на верхнюю границу атмосферы Земли, прежде чем дойти до земной поверхности, претерпевает существенные изменения в результате рассеяния молекулами воздуха и содержащимися в атмосфере твердыми и жидкими примесями; частично солнечная радиация поглощается.

От длины светового дня зависит *продолжительность солнечного сияния*, т. е. время, в течение которого земная поверхность освещается прямой солнечной радиацией.

Под действием солнечной радиации на поверхности Земли создается *освещенность.* Освещенность образуется суммарным действием прямой, рассеянной и отраженной радиации и измеряется в люксах (лк).

Рассеянная солнечная радиация – солнечная радиация, претерпевшая рассеяние в атмосфере и доходящая до земной поверхности от всего небесного свода. Ее поток изменяется в зависимости от высоты Солнца, состояния атмосферы и достигает значений порядка 0,07–0,10 кВт/м^2.

Ослабление солнечной радиации вследствие поглощения и рассеяния ее на пути сквозь атмосферу описывается *законом Ламберта и законом Бугера*.

Коэффициент прозрачности атмосферы – отношение потока прямой солнечной радиации, которая достигает земной поверхности при положении Солнца в зените, к потоку солнечной радиации на верхней границе атмосферы (к солнечной постоянной).

Фактор мутности – отношение коэффициента ослабления в реальной атмосфере к коэффициенту ослабления в идеальной атмосфере. Это отношение показывает, сколько потребовалось бы идеальных атмосфер, чтобы обусловить такое же ослабление солнечной радиации, какое дает реальная атмосфера. Фактор мутности зависит от свойств воздушных масс. В арктическом прозрачном воздухе его значение примерно в два раза меньше, чем в запыленном континентальном тропическом.

Суммарная солнечная радиация – совокупность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность. Часть прямой и рассеянной солнечной радиации отражается от поверхности Земли и облаков и уходит в космическое пространство, а остальная переходит в тепло, нагревая земную поверхность и атмосферный воздух, и незначительная часть преобразуется в химическую энергию при диссипации молекул газов, в электрическую при ионизации и т. п.

От Солнца к Земле поступает также *корпускулярное излучение,* состоящее из электрически заряженных частиц, в основном протонов и электронов. Это излучение полностью поглощается атмосферой на высоте 100 км, но сильно влияет на магнитное поле Земли и другие характеристики.

Излучение Земли и атмосферы. Излучаемая Землей и атмосферой энергия приходится в основном на невидимый участок спектра, так как их температура по сравнению с температурой Солнца мала. Земную поверхность можно считать *серым телом*, т. е. излучение земной поверхности при всех длинах волн отличается на один и тот же множитель от абсолютно черного тела, имеющего температуру одинаковую с температурой земной поверхности.

Излучение атмосферы имеет более сложный характер, чем излучение земной поверхности. Атмосфера излучает длинноволновую радиацию, часть которой, направленная к земной поверхности – *поток встречного излучения* – представляет собой количество длинноволновой радиации, поступающей от атмосферы к единичной площади земной поверхности в единицу времени.

Эффективное излучение земной поверхности – разность между собственным излучением земной поверхности и поглощенной ею частью встречного излучения атмосферы.

Для расчета излучения атмосферы и эффективного излучения используются эмпирические формулы. Наиболее широкое распространение для расчетов встречного излучения атмосферы получила *формула Ангстрема*.

Альбедо – величина, характеризующая отражательную способность какой-либо поверхности. Альбедо отражающей поверхности – отношение потока отраженной данной поверхностью радиации к потоку падающей радиации, выраженное в долях единицы или в процентах. Альбедо различных поверхностей, за исключением снега и воды, изменяется в сравнительно узких пределах – от 10 до 30 %.

Радиационный баланс земной поверхности – разность между поглощенной ею радиацией и собственным излучением земной поверхности. Радиационный баланс изменяется в зависимости от широты, времени года и суток, погодных условий и т. п. и оказывает существенное влияние на распределение температуры в приземном слое атмосферы, процессы испарения и снеготаяния, образование туманов и заморозков, изменение свойств воздушных масс.

Радиационный баланс системы «земная поверхность – атмосфера» – алгебраическая сумма потоков радиации, входящих в земную атмосферу и уходящих из нее обратно.

Фотосинтетически активная радиация. Оценивая значение света в жизни растений, обычно различают три аспекта этой проблемы: влияние спектрального состава, интенсивности и продолжительности освещения. Все важнейшие физиологические процессы (прорастание семян, фотосинтез, синтез пигментов, фотопериодизм и пр.) определяются в основном световой частью солнечного спектра. Часть спектра солнечного света, непосредственно участвующую в фотосинтезе, называют *фотосинтетически активной радиацией* (ФАР). Величину ФАР обычно ограничивают пределами длин волн 0,38–0,71 мкм. Синие и фиолетовые лучи стимулируют процессы клеточного деления, но задерживают вторую фазу роста клеток – их растяжение. Красные лучи, наоборот, усиливают линейный рост органов растений, в то время как процессы клеточного деления заметно подавлены. Растения обладают селективным характером поглощения падающей на них ФАР.

Наиболее активно хлорофилл листьев поглощает красно-оранжевые и сине-фиолетовые лучи видимой части спектра. При поглощении этих лучей фотосинтез протекает с наибольшей скоростью. Минимальной фотосинтетической активностью обладают зеленые лучи видимой части спектра.

Что касается количественной стороны, то органическое вещество растений, созданное в процессе фотосинтеза, составляет 90–95 % всей сухой массы урожая. Следовательно, фотосинтез, протекающий благодаря поглощению ФАР, является главным фактором в создании урожая, формируя примерно 90 % его величины.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятиям: солнечная радиация, спектр солнечной радиации, солнечная постоянная.
2. Поясните физический смысл законов поглощения, отражения и пропускания энергии излучения.
3. От чего зависит величина фактора мутности атмосферы?
4. Дайте характеристику видам солнечной радиации.
5. Поясните физический смысл понятия «альбедо».
6. Какими величинами характеризуется радиационный баланс земной поверхности?
7. Какой вид радиации называется фотосинтетически активной?
8. Какими пределами длины волны ограничивается значение величины ФАР, какова их биологическая роль?
9. Значения каких величин применяются при расчете ФАР?

Тема 3. Температурный режим воздуха и почвы

Ключевые вопросы темы

Термодинамика атмосферы. Первое начало термодинамики. Адиабатический процесс. Влажноадиабатический процесс. Тепловой режим атмосферы. Температура воздуха. Тепловой режим приземного слоя атмосферы. Тепловой режим различных слоев атмосферы. Тепловые свойства почвы. Теплопроводность почв. Теплообмен в почве. Соотношение температур воздуха и почвы.

Содержание темы занятия

Для описания изменения состояния атмосферы под влиянием притока тепла и перехода тепловой энергии в механическую и обратно используются выводы, вытекающие из первого начала термодинамики (или закона сохранения энергии): невозможно возникновение или уничтожение энергии, возможен лишь переход энергии из одной формы в другую.

Количественно закон сохранения энергии для идеального газа, к которому близки сухой и влажный ненасыщенный воздух, выражается в виде уравнения первого начала термодинамики, или *уравнения притока тепла*. Из него следует, что сообщенное воздушной частице количество тепла идет на увеличение внутренней энергии частицы и на работу расширения или сжатия, т. е. работу против внешних сил давления.

Для *адиабатического процесса*, который протекает без теплообмена частицы с окружающей средой, температура поднимающейся частицы воздуха всегда понижается. Адиабатический процесс описывается уравнением *сухой адиабаты* (уравнение Пуассона), из которого следует, что при адиабатическом подъеме воздушной частицы ее температура всегда понижается за счет расхода

внутренней энергии на работу расширения. Температура адиабатически поднимающейся сухой воздушной частицы понижается примерно на 1 °С при подъеме на каждые 100 м высоты; в координатных осях «температура–высота» это понижение характеризуется прямой линией, называемой *сухой адиабатой*.

Политропический процесс – более общий процесс, при котором приток тепла к воздушной частице прямо пропорционален изменению температуры. Температура влажной ненасыщенной частицы воздуха при адиабатическом подъеме изменяется практически так же, как и температура сухой частицы, следовательно, кривой состояния для влажного ненасыщенного воздуха является сухая адиабата.

Потенциальная температура – температура, которую примет воздушная частица, если ее опустить (поднять) сухоадиабатически с (от) исходного уровня до уровня, где давление составляет 1000 гПа. Потенциальная температура, в отличие от молекулярной, при сухоадиабатических перемещениях одной и той же воздушной частицы остается неизменной.

Адиабатический процесс, протекающий во влажном насыщенном воздухе, называется *влажноадиабатическим*, а кривая состояния насыщенной частицы при ее адиабатическом подъеме – *влажной адиабатой*.

Влажноадиабатический градиент – изменение температуры частицы при подъеме на единицу высоты при влажноадиабатическом процессе. С ростом температуры при постоянном давлении влажноадиабатический градиент уменьшается, а с увеличением давления при постоянной температуре – растет.

Температура воздуха – температура, показываемая термометром в условиях его полного теплового контакта с атмосферным воздухом. Она измеряется термометрами со шкалами, в которых в качестве реперных точек используются температура таяния льда и кипения воды: *шкала Цельсия* (реперные точки 0 и 100 °С), *шкала Фаренгейта* (реперные точки 32 и 212 °F). В обеих шкалах, таким образом, существуют температуры ниже нуля, т. е. отрицательные.

Температура воздуха характеризует тепловое состояние атмосферы и является мерой средней кинетической энергии движения молекул и атомов, составляющих атмосферный воздух.

В слоях атмосферы, где плотность воздуха достаточно велика (до 90–100 км) и частота столкновения молекул обеспечивает перераспределение и выравнивание кинетической энергии между молекулами, температура характеризует равновесное состояние и называется *кинетической*. На высотах более 90–100 км, где относительная молекулярная масса с высотой изменяется, температура называется *молекулярной*.

Тепловой режим приземного слоя атмосферы. Наиболее важная особенность этого слоя заключается в том, что турбулентный поток тепла в нем практически не изменяется с высотой и равен тому потоку тепла, который сформировался в непосредственной близости к земной поверхности.

Основным способом расчета турбулентных потоков тепла является способ, основанный на данных градиентных измерений. В многочисленных работах биологов и агрометеорологов были получены зависимости скорости

развития растений от среднесуточных температур воздуха, выявлены пределы температур, вредные для растений. Показано, что на рост и развитие растений большое влияние оказывает суточная амплитуда колебаний температуры: чем она больше, тем в целом быстрее идет процесс развития и роста. Величина амплитуды колебаний температуры воздуха влияет также на качество урожая.

Тепловой режим различных слоев атмосферы. В северном и южном полушариях в тропосфере горизонтальный градиент температуры зимой и летом направлен от экватора к полюсам.

Понижение температуры от экватора к полярным широтам (до 70° северной и южной широты) зимой составляет 35–50 °С в нижней и 25–30 °С в верхней тропосфере. В северном полушарии, где большая часть территории занята сушей, летом это понижение примерно вдвое меньше, чем зимой. В южном полушарии, где океаны занимают в умеренных широтах 93–100 % территории, контраст температур между экватором и полярной областью уменьшается по сравнению с зимой незначительно: до 26 °С в нижней и до 20 °С в верхней тропосфере.

Характерной особенностью вертикального распределения температуры в тропосфере является понижение ее с высотой на всех широтах, которое составляет в среднем по полушарию 0,65 °С /100 м.

В нижней стратосфере летом горизонтальный градиент температуры направлен от полюсов к экватору. Зимой в нижней стратосфере горизонтальный градиент температуры направлен от умеренных широт в сторону полюсов и экватора. Следовательно, наиболее высокие температуры зимой наблюдаются в стратосфере умеренных широт; в нижней стратосфере область тепла расположена между 40 и 60° широты, в средней – несколько смещена к экватору.

Стратосферные потепления – сильные и внезапные повышения температуры на высоте 23–24 км, обычно наблюдаемые зимой в высоких широтах.

Основным источником тепла, поступающего в почву, является лучистая энергия, которая поглощается поверхностью почвы, а затем передается в глубокие слои почвы. Приход и расход лучистой энергии на поверхности Земли выражаются *уравнением радиационного баланса*.

Степень нагревания почвы зависит от ее *теплопроводности*, которая определяется количеством тепла в калориях, протекающим в 1 с через 1 см^2 слоя однородного вещества толщиной 1 см, если температура обеих сторон этого слоя отличается на 1°.

Коэффициент температуропроводности зависит от влажности почвы, содержания в ней воздуха. Температуропроводность воздуха значительно больше температуропроводности воды. При малых значениях влажности почвы температуропроводность растет, затем по мере увеличения влажности рост ее замедляется. Это связано с тем, что изменение температуропроводности является результатом совместного изменения теплопроводности и теплоемкости.

Объемная теплоемкость растет вместе с увеличением влажности. Теплопроводность же при малых значениях влажности растет, а затем при сильном увлажнении рост теплопроводности замедляется. Вследствие этого на первых этапах увлажнения рост теплопроводности почвы происходит более интенсивно, чем рост теплоемкости, и тем самым температуропроводность возрастает. При дальнейшем увеличении влажности почвы рост теплопроводности относительно замедляется, в результате чего температуропроводность уменьшается.

При абсолютно сухой почве теплопередача осуществляется контактом почвенных частиц. При пленочной влаге теплопроводность усиливается и тем больше, чем плотность больше. При капиллярном увлажнении и большей влажности коэффициент температуропроводности понижается, приближаясь к теплопроводности почвы. При полной замене воздуха гравитационной влагой почва снова становится двухфазной системой, и теплопроводность уменьшается.

В течение года в почве наблюдается процесс *обмена тепла* от поверхности вглубь почвы или в обратном направлении. В течение суток происходят значительные изменения теплообмена в дневные часы и весьма малые в ночные часы.

Передача тепла в глубь почвы происходит главным образом путем молекулярной теплопроводности, а также в результате радиационного и конвективного теплообмена. Распространение тепла путем теплопроводности осуществляется при наличии разности температур верхних и нижних слоев почвы. Основные закономерности распространения колебаний температуры в глубь почвы были сформулированы Фурье:

1. Период колебаний температуры остается неизменным на всех глубинах (в течение суток, года).

2. Амплитуды колебаний температуры уменьшаются с глубиной. При возрастании глубины в арифметической прогрессии амплитуда убывает в геометрической прогрессии и на некоторой глубине затухает.

3. Время наступления максимумов и минимумов температуры запаздывает с глубиной. Запаздывание происходит пропорционально глубине.

4. Глубины постоянной суточной и годовой температуры относятся как корни квадратные из периодов колебаний. Так как период колебаний составляет сутки и год, то, согласно этому положению, глубина затухания годовых колебаний в 19 раз превышает глубину затухания суточных колебаний.

Соотношение температур воздуха и почвы. Среднегодовая температура воздуха ниже среднегодовой температуры почвы от десятых долей градуса до 5° и больше.

Разность между среднегодовыми температурами почвы и воздуха в различных климатических зонах разная, но всюду температура почвы в среднем за год выше температуры воздуха. На Европейской территории в среднем она выше на 1 °С. На юге Европейской территории эта разность около 1 °С и меньше, в большей же части – от 1 до 2 °С, на северо-востоке Европейской территории – выше на 3–3,5 °С.

Большое значение в ходе среднегодовой температуры почвы и воздуха имеет снежный покров. Зимой он уменьшает охлаждение почвы и тем самым в значительной мере повышает ее среднегодовую температуру.

Период с активными температурами воздуха (выше 10°) в северотаежной подзоне равен 80–90 дням, к югу он увеличивается и составляет в степной зоне 160–170 дней; в почве же этот период на севере на 10 дней меньше, а в степи на 5–6 дней больше.

Суммы активных температур почвы на севере меньше сумм активных температур воздуха на 200–300 °С, а на юге в степной зоне они выше примерно на такую же величину. В Восточной Сибири они на 20 % меньше, а на западе на 100–150 °С выше сумм активных температур воздуха.

Таким образом, соотношение сумм активных температур воздуха и почвы неодинаково летом в разных природных зонах и провинциях; оно обусловлено как общими изменениями термического режима воздуха по широтам и в меридиональном направлении, так и особенностями почвенного покрова, накладывающими существенный отпечаток на ход поступления тепла в почву.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие физические величины характеризуют приток тепла в атмосфере?
2. Объясните сущность протекания адиабатического процесса.
3. От каких переменных зависит величина влажноадиабатического градиента?
4. Какая температура называется кинетической?
5. Какие физические величины характеризуют приток тепла в приземном слое атмосферы?
6. Что определяет средняя суточная температура в практике сельскохозяйственного производства?
7. Каковы закономерности изменения теплового режима различных слоев атмосферы?
8. Объясните физический смысл уравнения радиационного баланса Земли.
9. Какие физические величины характеризуют тепловой баланс поверхности почвы?
10. Какие характеристики почвенного плодородия влияют на изменение коэффициента температуропроводности?

Тема 4. Водяной пар в атмосфере. Осадки и почвенная влага

Ключевые вопросы темы

Влажность воздуха. Условия фазовых переходов воды в атмосфере. Облака. Международная классификация облаков. Туманы. Осадки. Снежный покров. Водный режим почв. Продуктивная и непродуктивная почвенная влага. Константы влагосодержания почвы.

Содержание темы занятия

Влажность воздуха является одной из существенных характеристик погоды и климата. Измерение влажности воздуха имеет большое значение для сельского хозяйства, так как влажность воздуха обусловливает интенсивность

транспирации растений и испарение с почвы, оказывает влияние на биохимические процессы, происходящие в растениях.

Влажность воздуха в определенной точке пространства изменяется под влиянием следующих процессов:

1) *адвекции водяного пара* – упорядоченного переноса водяного пара со средней скоростью в горизонтальном направлении;

2) *конвекции водяного пара* – упорядоченного переноса водяного пара вертикальными токами;

3) *турбулентной диффузии водяного пара* в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Влажность воздуха характеризуется следующими величинами:

Абсолютная влажность – количество водяного пара, выраженное в граммах, содержащееся в 1 $м^3$ воздуха.

Парциальное давление (упругость) водяного пара (давление водяного пара, находящегося в воздухе) выражается в ньютонах на квадратный метр с точностью до целых и в гектопаскалях, с точностью до десятых.

Давление насыщенного водяного пара (максимально возможное значение упругости при данной температуре) выражается в тех же единицах, что и парциальное давление.

Относительная влажность – это отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного водяного пара.

Дефицит насыщения водяного пара (недостаток насыщения) – разность между парциальным давлением водяного пара при насыщении и парциальным давлением (упругостью) водяного пара.

Температура точки росы – температура (°С), до которой должен охладиться воздух при данном давлении, чтобы содержащийся в нем водяной пар стал насыщенным.

Переход воды из одной фазы в другую зависит от давления насыщенного водяного пара, которое в свою очередь является функцией температуры, удельной теплоты парообразования (конденсации) и сублимации. На давление насыщенного водяного пара влияют: кривизна испаряющей поверхности, растворы солей, электрические заряды.

Облака – видимая совокупность взвешенных в атмосфере капель воды или кристаллов льда, находящихся на некоторой высоте над земной поверхностью.

По условиям образования облака можно подразделить на три вида: кучевообразные, слоистообразные и волнистые.

Кучевообразные (конвективные) облака – изолированные облачные массы, сильно развитые по вертикали и имеющие, как правило, небольшую горизонтальную протяженность. Основными процессами, приводящими к образованию кучевообразных облаков, является термическая конвекция и турбулентный обмен.

Слоистообразные облака – сплошная более или менее ровная масса облаков, занимающая большие пространства по горизонтали. Основными процессами, приводящими к образованию этих облаков, являются

упорядоченные вертикальные движения (подъем теплого воздуха по клину холодного и его адиабатическое охлаждение) в свободной атмосфере и турбулентный обмен в приземном слое при устойчивой стратификации атмосферы.

Волнистые облака – распространенный по горизонтали слой облаков в виде гряд или отдельных валов. Они образуются в результате волновых процессов в атмосфере, которые возникают в слоях с инверсионной или сильно устойчивой стратификацией.

В соответствии с международной классификацией тропосферные облака подразделяются на роды, виды и разновидности. Каждый род облаков наблюдается в определенном интервале высот – ярусе. Формы облаков подразделяются на виды и разновидности, различающиеся по внешнему виду, плотности, окраске, характеру осадков, оптическим явлениям.

Туманы – скопление в приземном слое воздуха продуктов конденсации и сублимации водяного пара, при котором дальность горизонтальной видимости ухудшается до 1000 м и менее.

В зависимости от причин образования туманы делят на туманы охлаждения и туманы испарения, а в зависимости от вида процесса, приводящего к охлаждению, – на радиационные и адвективные туманы и туманы восхождения.

Осадки – вода в жидком или твердом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на поверхности земли и на предметах.

Количество выпавших осадков – это толщина слоя воды в миллиметрах или сантиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности при условии, что выпавшие осадки не просачивались в почву, не стекали и не испарялись.

Интенсивность осадков – количество осадков в миллиметрах, выпадающих за 1 мин (мм/мин). В зависимости от интенсивности и продолжительности различают несколько категорий осадков.

В зимнее время на метеостанциях ведутся наблюдения за состоянием снежного покрова. Наблюдения 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. Состояние снежного покрова характеризуют его высотой (см), плотностью (г/см^3) и характером залегания на территории поля или сада.

Плотность снега – это отношение массы пробы снега к ее объему.

Высота снежного покрова вычисляется как среднее арифметическое из отсчетов по трем рейкам, установленным на метеоплощадке.

Характер залегания снега определяется визуально: равномерный, без оголений, лежит местами и т. д.

Водный режим почв – это совокупность всех явлений, связанных с поступлением влаги в почву, ее передвижением в почве, расходом из почвы и изменением ее состояния в корнеобитаемом слое почвы. Влажность почвы выражается в абсолютных и относительных величинах.

Абсолютная влажность почвы измеряется в миллиметрах слоя воды. *Относительная влажность почвы* определяется отношением массы воды, содержащейся в почве, к массе сухой почвы и выражается в процентах

Количество влаги, содержащееся в почве сверх влажности устойчивого завядания и участвующее в создании органического вещества растений, называется *продуктивной влагой*.

Часть почвенной влаги, не усваиваемая растениями и не участвующая в создании органического вещества растений, называется *непродуктивной влагой* почвы.

Учет наличия продуктивной влаги в почве необходим для оценки потребности растений в воде, для обоснования технологии возделывания сельскохозяйственных культур, определения и оптимизации агротехнических мероприятий (эффективности вносимых в почву минеральных удобрений, системы обработки почвы, регулирования водного режима и др.).

Продуктивная влага корнеобитаемого слоя толщиной 100 см и более определяется как сумма запасов влаги 10-сантиметровых слоев почвы. Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальные запасы продуктивной влаги в почве близки к наименьшей влагоемкости. Наименьшая влагоемкость в слое 0–100 см для черноземных почв равна 180–200 мм, для суглинистых – 170–180 мм, для супесчаных – 150–160 мм, для песчаных – 80–120 мм.

Запасы почвенной влаги пополняются за счет атмосферных осадков, грунтовых вод и орошения. Поглощение воды почвой, просачивание осадков, испарение, колебание продуктивной влаги и другие особенности водного режима почвы зависят от ее свойств; механического состава, влагоемкости и др. В настоящее время в практике приняты следующие основные ***показатели (константы) влагосодержания почвы***.

Количество влаги, которое почва способна удерживать в воздушно-сухом состоянии, называется *гигроскопической влажностью,* или *гигроскопичностью,* и выражается в процентах к массе абсолютно сухой почвы.

Наибольшее количество воды, которое почва способна поглотить из воздуха атмосферы, насыщенной парами воды, называется *максимальной гигроскопической влажностью,* или *максимальной гигроскопичностью.* В реальных почвах она колеблется от 2 до 15 % и превышает гигроскопическую влажность не более чем в два раза.

Влажность почвы, при которой наблюдается устойчивая потеря тургора произрастающими растениями, называется *влажностью устойчивого завядания.* Определяется она в опытах с растениями и зависит от типа почвы и типа растительности. Обычно влажность устойчивого завядания в 1,1–2,2 раза больше максимальной гигроскопичности.

Когда влажность устойчивого завядания не может быть определена лабораторным методом, она рассчитывается по максимальной гигроскопичности путем умножения последней на средний коэффициент, равный 1,34.

Наибольшее количество воды, которое почва способна длительно удерживать после обильного увлажнения и свободного стекания влаги, называется *полевой влагоемкостью* почвы, или *наименьшей влагоемкостью.*

Количество влаги в почве, когда зеркало грунтовых вод достигает поверхности почвы и все почвенные поры заняты водой, называют *полной влагоемкостью.*

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию «влажность воздуха».
2. Какие процессы влияют на изменение влажности воздуха?
3. Какими величинами характеризуется влажность воздуха?
4. От чего зависит переход воды из одной фазы в другую?
5. При каких условиях происходит процесс образования облаков?
6. Дайте характеристику видам облаков.
7. При каких условиях происходит процесс образования туманов?
8. Дайте характеристику видам туманов.
9. Какими величинами характеризуется количество жидких осадков и снежного покрова?
10. В чем заключается эффективность снегозадержания и его динамика?
11. Дайте определение понятию «водный режим почв».
12. Какие категории влаги составляют продуктивную и непродуктивную влагу?

Тема 5. Ветер. Погода и её предсказание

Ключевые вопросы темы

Ветер. Силы, обусловливающие движение воздуха. Уравнения движения атмосферы. Геострофический и градиентный ветер. Местные ветры. Воздушные массы. Атмосферные фронты и фронтальные зоны. Циклоны и антициклоны. Синоптическая метеорология и ее метод. Виды прогнозов погоды.

Содержание темы занятия

Ветер – движение воздуха относительно земной поверхности, обычно имеется в виду горизонтальная составляющая этого движения. Ветер характеризуется *скоростью*, выражаемой в метрах в секунду, километрах в час, узлах или в условных единицах (баллах), и *направлением* (откуда дует ветер), определяемым либо в румбах (по 16-румбовой системе), либо в градусах угла, который горизонтальный вектор скорости ветра образует с меридианом (за 0 или 360° принимается направление с севера, за 90° – с востока, за 180° – с юга и за 270° – с запада). В каждой точке пространства происходят быстрые изменения как скорости, так и направления отдельных струй воздуха. Такой характер движения воздуха называется *порывистостью* ветра.

Основной силой, под влиянием которой возникает горизонтальное движение воздуха, является горизонтальная составляющая градиента давления, или *барический градиент*. Он направлен по нормали к изобаре в горизонтальной плоскости в сторону убывания давления. Так как атмосфера участвует в суточном вращении Земли с угловой скоростью, то на каждую

частицу воздуха, движущуюся со скоростью по отношению к земной поверхности, действует *сила Кориолиса*.

Геострофический ветер – равномерное прямолинейное (в прямолинейных и равноотстоящих изобарах) горизонтальное движение воздуха, при котором отсутствует сила трения, а сила горизонтального барического градиента уравновешивается силой Кориолиса; скорость движения в этом случае называется *геострофической*.

Градиентный ветр – установившиеся горизонтальные движения воздуха по круговым траекториям при отсутствии сил трения.

Местные ветры – воздушные течения небольшой горизонтальной протяженности (от сотен метров до десятков километров), возникающие вследствие термического или механического воздействия неоднородной земной поверхности на воздушный поток более крупного масштаба.

Бризы – ветры с суточной периодичностью, возникающие в прибрежной черте океанов, морей и больших озер (рек).

В горных системах наблюдаются ветры с суточной периодичностью, схожие с бризами – *горно-долинные ветры*. Днем долинный ветер дует из горла долины вверх по долине, а также вверх по горным склонам. Ночью горный ветер дует вниз по склону и вниз по долине в сторону равнины.

Ледниковые ветры – местные ветры в нижнем слое, днем и ночью дующие вниз по склону ледника. Эти ветры не имеют суточной периодичности, так как температура ледника в течение суток ниже температуры воздуха.

Фёном называется теплый, сухой порывистый ветер, дующий с гор в долины.

Бора – штормовой холодный ветер, дующий вдоль склона горы или возвышенности в сторону моря.

Стоковый ветер – поток воздуха, возникающий под действием силы тяжести и направленный вдоль пологого склона местности.

Воздушные массы – огромные количества воздуха, в тропосфере обладающего общими более или менее одинаковыми свойствами и перемещающиеся как одно целое в системе общей циркуляции атмосферы.

По термодинамическим характеристикам воздушные массы подразделяют на теплые, холодные и нейтральные.

Воздушная масса, находясь длительное время в системе циркуляции над данным географическим районом, приобретает свойства, характерные в данный сезон года для этого района.

Географическая классификация воздушных масс определяется в зависимости от географического положения очага формирования массы с учетом характера подстилающей поверхности. Выделяются следующие основные *типы воздушных масс*:

арктический воздух (АВ) – морской (МАВ) и континентальный (КАВ);

умеренный (или полярный) воздух (УВ или ПВ) – морской (МУВ или МПВ) и континентальный (КУВ или КПВ);

тропический воздух (ТВ) – морской (МТВ) и континентальный (КТВ);

экваториальный воздух (ЭВ).

Фронты – узкие зоны или поверхности раздела между двумя соседними воздушными массами в атмосфере. Они различаются по особенностям перемещения, протяженности, в зависимости от вертикального и горизонтального строения, условий погоды.

Фронтальная зона – переходная зона между двумя воздушными массами или размытая переходная зона между воздушными массами в отличие от резко выраженного фронта.

Высотные фронтальные зоны (*ВФЗ*) – переходные зоны между высокими (высотными) циклонами и антициклонами, обнаруживаемые на картах барической топографии по сгущению изогипс.

Главные фронты разделяют воздушные массы основных географических типов. К ним относятся: *арктические фронты*, отделяющие арктический воздух от воздуха умеренных широт; *фронты умеренных широт* (полярные фронты), отделяющие воздух умеренных широт от тропического воздуха; *тропические фронты*, отделяющие тропический воздух от воздуха экваториальных широт.

Основным методом изучения атмосферных процессов, предсказания их развития и связанных с ними условий погоды является ***синоптический метод***, основывающийся на систематическом анализе синоптических карт, отображающих условия погоды над районами в пределах данной карты в фиксированный момент времени, вертикальных разрезов атмосферы (пространственных, временных), аэрологических диаграмм и других вспомогательных графиков и номограмм.

Синоптические карты (карты погоды) – географические карты, на которые цифрами и условными обозначениями (символами) нанесены данные результатов одновременных метеорологических или аэрологических наблюдений на сети станций. По своему содержанию синоптические карты (карты погоды) делятся на *приземные* (метеорологические), на которые наносятся данные метеорологических наблюдений, и *высотные* (аэрологические), составляемые по данным аэрологических наблюдений.

В зависимости от специализации прогнозы погоды разделяют на прогнозы общего пользования (общие прогнозы) и специализированные прогнозы.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение понятию «ветер».
2. Как влияет сила Кориолиса на горизонтальные движения воздуха?
3. Поясните физический смысл уравнения движения атмосферы в векторной форме.
4. В чем заключается физический смысл уравнения неразрывности среды.
5. Каково значение силы Кориолиса при равномерном прямолинейном горизонтальном движении воздуха при отсутствии силы трения?
6. Как рассчитывается сила геострофического ветра?
7. Какой ветер называется градиентным?
8. Чем обусловлено изменение скорости ветра с высотой в свободной атмосфере?

9. Дайте характеристику местным ветрам.

10. Дайте характеристику типам воздушных масс.

11. Как классифицируются фронты и фронтальные зоны?

12. Дайте характеристику зональным возмущениям атмосферы в приземном слое.

13. Дайте определение понятию «погода». На чем основан синоптический метод прогноза атмосферных процессов?

14. Какие виды синоптических карт разрабатываются и применяются в синоптической метеорологии?

15. Дайте характеристику видам прогнозов погоды.

Тема 6. Опасные для сельского хозяйства метеорологические явления

Ключевые вопросы темы

Опасные и особо опасные агрометеорологические явления. Прогноз температуры воздуха. Прогноз осадков. Прогноз скорости ветра у поверхности Земли.

Содержание темы занятия

К опасным и особо опасным явлениям относятся те метеорологические величины и явления, которые по своей интенсивности, продолжительности и площади распространения достигли (могут достигнуть) таких критериев, когда необходимо принимать специальные меры для предотвращения серьезного ущерба в определенной отрасли.

Сильный дождь – отмечается при количестве осадков 50 мм за 12 ч или более короткий временной интервал. Фиксируется также сильный ливень – количество осадков 30 мм и более за 1 ч.

Продолжительные дожди – суммарное количество осадков 120 мм и более за трое суток. Как правило, образуются при прохождении активных циклонов, при большой конвективной неустойчивости и связаны с кучево-дождевой и слоисто-дождевой облачностью.

Сильный снегопад – это количество осадков до 20 мм и более за 12 ч и менее, что связано с атмосферными фронтами глубоких циклонов. Характеризуются существенной снеговой нагрузкой на различные сооружения, деревья, на дорогах возможны образования снежных заносов, вызывающих затруднения в работе техники.

Сильная метель – это выпадение и перенос снега при скорости ветра 15 м/с и более в течение не менее 12 ч. Сильные метели формируют гидродинамический и аэродинамический эффект, способствующий ветровой и снеговой нагрузке на деревья и сооружения.

Сильный гололед (сложные отложения) – диаметр отложений льда 20 мм и более, для сложного отложения и налипания мокрого снега – 35 мм и более.

Сильный мороз – температура воздуха у поверхности почвы минус 35 ^{o}C и ниже. Образуется зимой в тыловой части циклона или в центральной части антициклона. Происходит выхолаживание почвы и воздуха.

Сильная жара – температура воздуха у земли 35 ^{o}C и выше.

Суховей – сохранение в течение трех дней и более температуры воздуха 25 ^{o}C и выше, при низкой относительной влажности воздуха (менее 30 %) и скорости ветра 7 м/с и более.

Крупный град – диаметр 20 мм и более. Возможно повреждение посевов сельскохозяйственных культур.

Заморозок – понижение температуры воздуха или на поверхности почвы ниже 0 ^{o}C в теплый период года. Охлаждение почвы и воздуха в период активной вегетации сельскохозяйственных культур может привести к значительному повреждению посевов.

Сильный продолжительный туман – метеорологическая дальность видимости 100 м и менее, при продолжительности 12 ч и более. Вызывает развитие и распространение заболеваний растений, вызванных грибами (ржавчина, головня, мучнистая роса и др.).

Сильный ветер. К категории «сильного ветра» относится ветер с максимальной скоростью 25 м/с и более.

Смерч – Сильный мелкомасштабный вихрь под облаками. Скорость ветра в смерче достигает 50–100 м/с при сильной восходящей составляющей. Опасность представляют мощный аэродинамический удар и сильное разрежение воздуха за счет падения атмосферного давления.

Опасные явления имеют различную повторяемость: наиболее часто наблюдаются заморозки: один раз в два-три года. Туманы, сильный ветер могут наблюдаться один раз в пять-шесть лет. Сильный мороз и сильная жара – один раз в 10 лет. Наиболее редко фиксируются смерчи – один раз в 80–100 лет.

Свойство локальных изменений температуры воздуха как количественной характеристики тепловой трансформации положено в основу методик прогноза температуры в приземном слое атмосферы.

Прогноз температуры воздуха складывается из определения (расчета) адвективного изменения температуры и вычисления (качественной оценки) трансформационного изменения температуры воздуха.

Адвективные изменения температуры могут быть определены двумя способами:

1. По исходной и прогностической приземным синоптическим картам определяется воздушная масса (порция воздуха), которая переместится в район прогноза. Разность значений температуры воздуха в исходный момент времени в районе прогноза и в поступающей воздушной массе представляет собой адвективное изменение температуры.

2. По исходной и прогностическим приземным синоптическим картам строятся 12- и 24-часовые траектории воздушных частиц. С исходной приземной карты снимаются значения температур в конечной и начальной точках траекторий и определяются адвективные изменения температуры воздуха как разности между этими значениями.

Трансформационные изменения температуры воздуха определяются рядом факторов:

– турбулентным теплообменом;

– радиационным балансом подстилающей поверхности вдоль траектории частиц воздуха;

– процессами конденсации.

Прогноз осадков тесно связан с прогнозом облачности различных форм и ярусов, из которых выпадают соответствующие осадки:

а) *моросящие осадки* – характерны для теплых воздушных масс, обычно выпадают длительное время; их интенсивность небольшая (2–4 мм за 12 ч);

б) *обложные осадки* – выпадают из слоисто-дождевых облаков, иногда из плотных высоко-слоистых облаков. Они связаны обычно с теплыми фронтами и фронтами окклюзий по типу теплых и имеют различную интенсивность от слабых (3 мм за 12 ч) до умеренных (14 мм за 12 ч). Обложные осадки могут выпадать как непрерывно, так и с перерывами от нескольких часов до нескольких дней;

в) *ливневые осадки* – характерны для холодных фронтов и фронтов окклюзий по типу холодных, реже – для теплых фронтов. Ливневые осадки кратковременны: от нескольких минут до 1–3 ч, в последнем случае они бывают чаще всего с перерывами.

Общий прогноз осадков. Общий прогноз осадков осуществляется следующим образом:

1. Прогнозируется перемещение и эволюция облаков, особенно фронтальных облачных систем.

2. Прогнозируется перемещение существующей зоны осадков, ее расширение или сужение в зависимости от эволюции системы облаков, углубления или заполнения циклона, обострения или размывания фронтов.

3. Прогнозируется положение изотермы минус 10 °С относительно верхней границы облаков, так как при восходящих вертикальных движениях и данной температуре начинается образование ледяной фазы в облаке. Положение изотермы минус 10 °С прогнозируется при графическом расчете стратификации температуры и температуры точки росы.

4. Прогнозируется высота *изотермической поверхности* 0 °С для определения фазового состояния осадков (дождь, снег, дождь со снегом).

Расчет интенсивности и количества осадков. Интенсивность любых осадков может быть рассчитана при известных: плотности воздуха в (кг/м^3); горизонтальной составляющей скорости ветра; вертикальной скорости (см/с); массовой доли водяного пара в состоянии насыщения (‰).

Количество осадков, выпадающих в течение некоторого интервала времени, вычисляется как произведение интенсивности на их продолжительность. Продолжительность осадков практически трудно прогнозируется, поэтому для расчета обложных осадков она принимается равной 12 ч.

В оперативной работе для расчета интенсивности ливневых осадков удобно пользоваться графиками, построенными для различных значений температуры на уровне 850 гПа, мощности конвекции и средних отклонений кривой стратификации от кривой стратификации в окружающем воздухе.

Прогноз скорости ветра у поверхности Земли. Методические основы применяемых в настоящее время способов прогноза ветра у поверхности Земли, как правило, одни и те же: в различных комбинациях учитывается барический градиент, отношение скорости фактического ветра к скорости геострофического, межуровенный обмен количеством движения, стратификация температуры воздуха и синоптическое положение.

Можно выделить следующие основные способы прогноза ветра:

1. Способ прогноза сильного ветра с заблаговременностью 8–10 ч, основанный на учете *межуровенного обмена количеством движения* в пограничном слое атмосферы по данным о вертикальном распределении фактического ветра и температуры воздуха.

2. Способ прогноза усиления ветра при прохождении холодных атмосферных фронтов основывается на использовании барических градиентов в зоне фронта и горизонтальных градиентов температуры вдоль линии фронта со стороны холодного воздуха.

3. Способ прогноза средней скорости ветра заблаговременностью до 24–36 ч, базирующийся на использовании прогностических материалов: карт приземного давления, положения фронтов и стратификации температуры и температуры точки росы.

4. В способе прогноза максимальной скорости ветра при порывах заблаговременностью около 24 ч используется прогностическое значение скорости ветра на поверхности 850 гПа.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения понятию «опасные и особо опасные» метеорологические явления.
2. Дайте характеристику опасным агрометеорологическим явлениям или ситуациям.
3. Поясните физический смысл уравнения притока тепла.
4. Как производится общий прогноз осадков?
5. Поясните физический смысл уравнения расчета интенсивности и количества осадков.
6. Приведите последовательность расчета ливневых осадков.
7. Дайте характеристику основным способам прогноза ветра.

Тема 7. Климат и его значение для сельского хозяйства

Ключевые вопросы темы

Потребность растений в условиях климата. Влияние климатических условий на появление и распространение болезней и вредителей сельскохозяйственных культур. Система общеклиматического районирования. Агроклиматическое районирование.

Содержание темы занятия

Впервые в мире термин «климатические показатели культур» ввел Г. Т. Селянинов с предложением ряда агроклиматических показателей.

На сегодняшний день для характеристики роста и развития растений используют следующие агроклиматические показатели:

1) продолжительность вегетационного периода и его подпериодов;

2) суммы температур и средние температуры за вегетационный период или его отдельные отрезки;

3) критические (низкие и высокие) температуры, повреждающие растения;

4) оптимальные пределы температур, необходимые для нормального роста и развития растений;

5) показатели, учитывающие фотопериодизм растений;

6) суммы осадков, запасы продуктивной влаги и другие показатели увлажнения почвы;

7) показатели устойчивости растений к засухе;

8) показатели зимо-, холодо- и морозостойкости растений;

9) показатели интенсивности освещения в растительной среде;

10) показатели, связывающие урожай с климатическими элементами.

Кроме этих данных, необходимо учитывать жизненный ритм развития растений: порядок чередования фенологических фаз, время наступления цветения и плодоношения, особенности зимнего покоя и т. д.

В процессе сельскохозяйственного производства нарушаются исторически сложившиеся в биоценозах отношения и связи различных растительных и животных организмов, при этом создаются условия для массового размножения и расселения вредителей, распространения болезней и сорных растений.

Наибольший ущерб сельскохозяйственным растениям наносят насекомые. Это объясняется разнообразием их видов, большой плодовитостью и значительным диапазоном адаптации к внешним условиям.

Циклы развития различных видов вредителей и болезней тесно связаны с климатическими условиями, а также зависят от складывающихся метеорологических (особенно микроклиматических) условий. Основными климатическими факторами, регулирующими распространение живых организмов по территории и темпы их развития, являются – свет, тепло и влага. Они определяют интенсивность обменных процессов в организме, особенности их поведения, подвижность, скорость развития, продолжительность жизни, плодовитость и выживаемость.

Система агроклиматического районирования и ее таксономических единиц, базируется на общеклиматическом и комплексном (природном) районировании. В общеклиматическом районировании определилось несколько направлений построения климатических и природных классификаций.

Общеклиматическое районирование по особенностям циркуляции атмосферы. По сложившейся схеме, земная поверхность делится на следующие климатические пояса: *тропический, или жаркий* (по обе стороны экватора), *средние, или умеренные* (между тропиками и полярными кругами каждого полушария), и *полярные, или холодные* (между полярными кругами и полюсами).

Общеклиматическое районирование на основе эмпирического подбора климатических показателей. Общеклиматической классификацией

А. И. Кайгородова предусматривается выделение зон и подзон, типов и разновидностей климата по температурным условиям и ареалов – по одинаковому относительному увлажнению.

В методическом отношении интерес представляет применение Кайгородовым в своей классификации показателя степени континентальности для выделения типов климата, а также оценки значения средних климатических величин, особенно средней температуры воздуха.

Общеклиматическое районирование на основе причинно-следственных связей между компонентами физико-географической среды. А. А. Григорьев и М. И. Будыко (1959, 1960 гг.) предложили схему общеклиматического районирования, основанную на причинно-следственных связях между компонентами физико-географической среды – климатом, почвой, растительностью и др.

Ими выделено 12 типов основных климатических зон, соответствующих определенным типам географической зональности и 31 тип внутризональных климатических областей, которые определяются по условиям зимнего периода согласно шкале для оценки зимних условий.

Для совершенствования системы агроклиматического районирования большое значение имеет опыт почвенно-географического районирования. Система такого районирования разработана Н. Н. Розовым совместно с Е. Н. Ивановой, П. А. Летуновым, В. М. Фридляндом и С. А. Шуваловым. При выделении почвенно-биоклиматических поясов учтено давно принятое в климатологии и географии деление земного шара на четыре климатических и природных пояса: 1) *холодный* (полярный), 2) *умеренный* (бореальный), 3) *теплый* (субтропический) и 4) *жаркий* (тропический).

Учитывая реальное распределение почвенных зон, они детализируют указанную схему, разделяя умеренный (бореальный) пояс на подпояса умеренно холодный и умеренный, а теплый (субтропический) – умеренно теплый и теплый. Выделенные подпояса приняты как почвенно-биоклиматические пояса. Границы поясов характеризуются определенными суммами температур выше 10 °С.

В пределах поясов выделены 13 почвенно-биоклиматических областей по сходству условий увлажнения и континентальности и вызываемых ими особенностей почвообразования, выветривания и развития растительности.

Области разделены на 23 зоны и подзоны, которые, в свою очередь, подразделяются на 72 равнинных и 36 горных провинций. Такая схема почвенно-географического районирования, построенная на основе биоклиматических показателей, по своей структуре соответствует схеме агроклиматического районирования.

Приведенный обзор наиболее распространенных видов климатического районирования показывает, что общей климатологией разработан ряд понятий и положений, имеющих существенное значение для построения системы агроклиматического районирования.

Агроклиматическое районирование. На базе общеклиматических исследований активное развитие получила сельскохозяйственная климатология.

Г. Т. Селянинов обосновал ряд показателей для сельскохозяйственной оценки климата. Это показатель *теплообеспеченности растений* в форме сумм активных температур, *показатель влагообеспеченности* в форме гидротермического коэффициента *показатель условий перезимовки растений* в форме средней из абсолютных минимумов температуры.

В. П. Попов (1958 г.) в своих агроклиматических исследованиях исходит из положения, по которому значение климата для сельского хозяйства всегда определяется в сочетании с другими природными компонентами – почвенным покровом, рельефом местности, гидрологическим режимом и т. д. Для придания естественноисторическому районированию характера агроклиматического учитывается распределение агроклиматических показателей, отображающих три основные географические закономерности: *поясность, зональность, континенталъностъ.*

Частное агроклиматическое районирование в нашей стране стало интенсивно развиваться, начиная с работ Ф. Ф. Давитая. Основное внимание здесь уделяется количественной оценке агроклиматических ресурсов в связи с продуктивностью и качеством сельскохозяйственной продукции.

Агроклиматическому районированию конкретной сельскохозяйственной культуры, как и общему районированию, предшествует определение агроклиматических показателей, являющихся основой для районирования. Агроклиматические ресурсы территории и выявленные показатели конкретной культуры выражают одними и теми же характеристиками.

Одним из основных факторов, определяющих возможность произрастания любой культуры, являются ресурсы тепла. В большинстве случаев по частному районированию ресурсы тепла и потребность в них сельскохозяйственных культур выражают суммой активных температур выше 10 °С. Для некоторых культур (например, кукурузы) районирование по термическому режиму выполняется исходя из сумм эффективных температур.

Влага также является основным фактором для оптимального развития растений, поскольку лишь при оптимальном увлажнении растения могут наиболее эффективно использовать тепло для создания максимального урожая.

При районировании отдельных культур по влагообеспеченности в качестве показателей последней используют различные коэффициенты увлажнения. Из этих коэффициентов наиболее часто используют ГТК или его различные модификации. В частности, С. А. Сапожникова в целях сравнимости агроклиматических оценок условий увлажнения разных стран предложила новый показатель – коэффициент увлажнения (КУ), который является одним из вариантов модификации ГТК.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятиям: сумма активных температур; гидротермический коэффициент.

2. На чем базируется система агроклиматического районирования?

3. На чем основывается общеклиматическая классификация климата А. И. Кайгородова?

4. Назовите основные черты классификации климатов А. А. Григорьева и М. И. Бутыко.

5. На чем основана схема агроклиматического районирования Г. Т. Селянинова?

6. В чем состоит сущность принципа агроклиматической классификации В. П. Попова?

7. Какие показатели оцениваются при агроклиматическом районировании отдельных сельскохозяйственных культур?

Тема 8. Агрометеорологические наблюдения, прогнозы и обеспечение производства

Ключевые вопросы темы

Агрометеорологические наблюдения. Методы агрометеорологических прогнозов. Статистические методы прогнозов. Синоптико-статистические методы прогнозов. Динамико-статистические методы прогнозов. Агрометеорологическое обеспечение производства. Изменчивость урожаев сельскохозяйственных культур. Оправдываемость прогнозов урожайности в оперативно-производственных организациях. Оценка прогнозов урожайности.

Содержание темы занятия

Агрометеорологические наблюдения. Глобальная система мониторинга, находящаяся в ведении Всемирной метеорологической организации (ВМО включает в себя около 10 000 наземных станций, 1000 аэрологических станций на суше и на кораблях, 100 дрейфующих станций и 600 буйков, 10 метеорологических спутников, находящихся на полярной и геостационарной орбитах).

Метеорологические станции страны, области, района составляют метеорологическую сеть. Кроме метеостанций, в метеосеть входят метеопосты, на которых проводятся наблюдения только за осадками и снежным покровом и обсерватории. Каждая метеостанция является научной единицей обширной сети станций.

Чтобы результаты наблюдений были сравнимы между собой и могли, как объективные, использоваться на практике, они должны обладать единством качества. В настоящее время на станциях, входящих в международную сеть, метеорологические наблюдения производятся в физически единые моменты в 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 ч по среднему гринвичскому времени. Эти моменты времени называются *сроками метеорологических наблюдений.* Более точно под сроками понимается 10-минутный интервал времени, оканчивающийся в срочный час.

Агрометеорологические наблюдения, которые производятся метеорологическими станциями и агрометеорологическими постами включают в себя следующие:

1) за температурой почвы на сельскохозяйственных полях;

2) за влажностью почвы;

3) наблюдения за состоянием почвы и снежного покрова в зимний период;

4) за фазами развития сельскохозяйственных культур;

5) наблюдения за состоянием сельскохозяйственных культур;

6) за элементами продуктивности сельскохозяйственных культур;

7) определение структуры урожая сельскохозяйственных культур;

8) обследование зимующих сельскохозяйственных культур;

9) наблюдения за повреждением посевов неблагоприятными метеорологическими явлениями, сельскохозяйственными вредителями и болезнями;

10) наблюдения за проведением полевых работ;

11) за общей визуальной оценкой состояния сельскохозяйственных культур;

12) за количественной оценкой состояния сельскохозяйственных культур.

Методы агрометеорологических прогнозов. Прикладной областью агрометеорологии, изучающей закономерности распределения и изменения во времени и пространстве агрометеорологических условий являются агрометеорологические прогнозы.

Агрометеорологический прогноз – это научно обоснованное предположение о влиянии на состояние и продуктивность сельскохозяйственных растений ожидаемых агрометеорологических условий или научно обоснованное предвидение, или вероятностное суждение (заданной заблаговременности) о будущем состоянии или продуктивности сельскохозяйственных культур, ожидаемых агрометеорологических условий. Агрометеорологический прогноз основан на знании количественных связей сложившихся агрометеорологических условий предшествующего периода и жизнедеятельности растений, вероятности ожидаемых агрометеорологических условий, агроклиматических и почвенных условий конкретных территорий, а также биологических и хозяйственных особенностей самих растений.

Условно агрометеорологические прогнозы подразделяют на пять основных групп:

1. Фенологические прогнозы: прогнозы сроков наступления основных фаз развития сельскохозяйственных культур, трав (сеяных, луговых, пойменных, естественных пастбищ), плодовых культур, оптимальных сроков начала весенних полевых работ и сева ранних яровых и поздних теплолюбивых культур, а также сева озимых зерновых культур.

2. Прогнозы агрометеорологических условий: прогноз запасов продуктивной влаги в почве к началу весны, прогноз теплообеспеченности вегетационного периода, прогнозы агрометеорологических условий, состояния, роста сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности, прогноз и оценка условий уборки зерновых культур, оптимальных режимов орошения, сроков и норм полива, внесения удобрений и др.

3. Прогнозы урожайности и валового сбора основных сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности, прогнозы качества урожая, вредителей и болезней растений.

4. Прогнозы состояния озимых зерновых культур и многолетних трав к началу весны.

5. Зоометеорологические прогнозы состояния и продуктивности сельскохозяйственных животных и сроков появления и распространения вредителей и болезней животных.

Статистические методы прогнозов. В рамках этого направления осуществляется поиск количественных связей между прогнозируемой величиной и осредненными за выбранные интервалы времени значениями агрометеорологических элементов, показателями, характеризующими состояние посевов в определенный момент времени и показателями, отражающими уровень культуры земледелия. Для выявления и анализа подобных зависимостей используется корреляционный и регрессионный анализы, которые решают следующие основные задачи: выбор модели регрессии, оценку параметров модели методом наименьших квадратов; проверку статистических гипотез о регрессии. Степень связи определяется коэффициентами корреляции, а сама связь представлена различного типа уравнениями регрессии. Уравнения корреляционной связи могут быть линейными и нелинейными. Прогнозируемая величина может быть функцией как одной, так и нескольких переменных. Переменные (или предикторы), предложенные в существующих прогностических зависимостях, многочисленны и разнообразны, но их можно объединить в три основные группы:

– метеорологические и агрометеорологические показатели, характеризующие условия произрастания культуры, связанные с погодой;

– фитометрические показатели, отражающие состояние культуры;

– агротехнические показатели, характеризующие уровень культуры земледелия.

Синоптико-статистические методы прогнозов. Развитие синоптико-статистического направления в агрометеорологическом прогнозировании связано в первую очередь с задачей раннего прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в сроки до сева яровых культур.

Синоптико-статистические модели – это математические модели, основанные на результатах исследований особенностей циркуляции атмосферы в различные периоды календарного года (по картам барической топографии в масштабе полушария) и установлении количественных связей между характеристиками циркуляционного режима и продуктивностью возделываемых культур.

Базовым положением в синоптико-статистических методах прогнозов является гипотеза о том, что существует определенная связь между общей циркуляцией атмосферы в осенне-зимний период и будущими метеорологическими условиями вегетационного периода и урожайностью сельскохозяйственных культур. Поэтому в основу этого метода прогноза были положены количественные характеристики связи урожайности с циркуляционным режимом над Северным полушарием. Синоптико-статистический метод позволяет составлять прогноз урожайности яровых культур до их сева, т. е. в марте, что значительно увеличивает заблаговременность прогноза (до 5–6 мес.).

Методика прогноза строится на количественной оценке Атлантического и Тихоокеанского синоптических гребней, а также циркумполярного вихря и его ложбины с декабря по февраль. Их количественная оценка производится по эмпирическим формулам.

Динамико-статистические методы прогнозов. При построении статистических моделей одна из главных трудностей заключается в выборе основных параметров, которые в наибольшей мере влияют на предсказываемую величину, так как этим выбором, по существу, исчерпывается вся априорная информация, закладываемая в такую модель.

Динамико-статистические модели – это математические модели биологических систем, в которых сформулированы причинно-следственные связи развивающихся во времени процессов энерго- и массообмена растения с окружающей средой. Эти модели обычно формулируются в виде дифференциальных уравнений или их разностных аналогов, с помощью которых производится расчет всех характеристик и параметров системы «погода – почва – продуктивность» во временном разрезе.

Различают: короткопериодные модели (описывают суточный ход динамики продуктивности), длиннопериодные модели (описывают продукционный процесс растений с суточным шагом в течение вегетационного периода по времени).

Агрометеорологическое обеспечение производства – это система оперативного предоставления оперативной и режимной агрометеорологической (агроклиматической) информации, включая анализ сложившихся и прогноз ожидаемых агрометеорологических условий и их влияния на состояние, рост, развитие и формирование урожайности сельскохозяйственных культур, на проведение основных агротехнических и хозяйственных мероприятий в растениеводстве.

Изменчивость урожаев сельскохозяйственных культур. Динамику урожайности той или иной культуры можно рассматривать как следствие изменения уровня культуры земледелия, на фоне которого происходят случайные колебания, связанные с особенностями погоды разных лет. Общая дисперсия урожайности рассматривается как сумма двух слагаемых, одно из которых характеризует вклад, вносимый динамикой культуры земледелия, а другое – изменчивостью погоды.

Для достоверной оценки изменчивость урожайности, кроме дисперсии, необходимо учитывать и сам уровень урожайности. Почвенно-климатические ресурсы различных регионов не одинаковы, кроме того, районы различаются уровнем применяемой агротехники и продуктивностью районированных сортов. В результате этого урожайность одной и той же культуры в разных климатических зонах обычно существенно различается.

Оправдываемость прогнозов урожайности в оперативно-производственных организациях. В качестве критерия оценки оправдываемости прогнозов урожайности и валового сбора используется формула относительной ошибки. Оценка дается для первого прогноза и его уточнений.

Качество агрометеорологических прогнозов оценивается по шкале: оправдываемость 91 % и более – 5 баллов; 90–81 % – 4 балла, 80–70 % – 3 балла; менее 70 % – 0 баллов.

Прогнозируемая величина урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур даются интервалом. Величина интервала для прогнозов урожайности не должна превышать 15 % средней прогнозируемой величины.

Прогнозируемые величины валового сбора по субъектам даются с интервалом, не превышающим 10 % средней прогнозируемой величины.

Оценка оправдываемости агрометеорологических прогнозов дается по величине отклонения от среднего значения прогнозируемой величины.

Оценка агрометеорологических прогнозов проводится двумя способами.

1. Для прогнозов, которые составляются по данным отдельных станций, полей и хозяйств (фенологические прогнозы, прогнозы запасов продуктивной влаги весной), ошибка прогноза по большой территории рассчитывается путем деления суммы ошибок (%) по отдельным станциям на число станций.

2. Прогнозы средних областных значений урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур в связи с различными посевными площадями оцениваются по площади посевов с учетом средневзвешенных величин. При этом сумма произведений площадей под определенной культурой на величину ошибки прогноза в областях, для которых составлялся прогноз, делится на сумму их площадей: посевных – для валового сбора яровых культур – и оставшихся после пересева озимых Оценка оправдываемости прогнозов урожайности и валового сбора дается с учетом окончательных уборочных площадей.

По неоправдавшимся прогнозам производится анализ причин их низкой оправдываемости. По прогнозам, имеющим низкую оправдываемость из-за значительного расхождения посевных площадей с уборочными, которые прогнозист не имел возможности учесть, проводится дополнительная оценка с учетом посевных площадей и указывается ошибка прогноза за счет расхождения посевных площадей с уборочными.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое значение имеют агрометеорологические прогнозы в агрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства?

2. Дайте характеристику группам агрометеорологических прогнозов?

3. Какие группы показателей используются в статистических методах прогнозов?

4. Какие количественные показатели используются в синоптико-статистических моделях?

5. Объясните термин «прогнозируемая величина урожайности»?

6. Как рассчитывается оправдываемость прогнозов урожайности?

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

Особенность курса заключается не только в его теоретической, но и практической направленности. Методическая модель преподавания дисциплины основана на проведении еженедельного контроля текущей успеваемости обучающегося.

К текущей аттестации относится защита лабораторной работы.

Всего запланировано 13 текущих аттестаций при изучении дисциплины.

При подготовке к текущей аттестации рекомендуется повторить лекционный материал по соответствующей тематике лабораторной работы.

К защите следует представлять лабораторные работы, оформленные в полном соответствии с заданиями. Выполнять задания следует придерживаясь алгоритма решения, представленного в учебно-методическом пособии к лабораторным работам.

Оценка «**Зачтено**» является экспертной и зависит от уровня освоения студентом практического материала, наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на вопросы (таблица 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок / Критерий	**2**	**3**	**4**	**5**
	0–40 %	**41–60 %**	**61–80 %**	**81–100 %**
	«не зачтено»	**«зачтено»**		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональ-ных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Для успешного прохождения текущей аттестации студенту следует ответить на один-два вопроса, представленных в конце каждой лабораторной

работы. В случае, если студент не смог дать полный и верный ответ, преподаватель может задать дополнительные вопросы.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Для прохождения текущей аттестации студент должен показать набор знаний, необходимых для системного взгляда на изучаемый объект и в состоянии решить поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом.

3. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основная литература

1. Юсов, А. И. Агрометеорология: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся в бакалавриате по направлениям подгот.: 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агрономия / А. И. Юсов, О. М. Бедарева; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2017. – 107 с.

Дополнительная литература

1. Лосев, А. П. Агрометеорология: учебник / А. П. Лосев, Л. Л. Журина. – Москва: КолосС, 2003. – 301 с.

2. Чирков, Ю. И. Агрометеорология: учеб. пособие для студ. вузов / Ю. И. Чирков. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1979. – 320 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юсов, А. И. Агрометеорология: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся в бакалавриате по направлениям подгот.: 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агрономия / А. И. Юсов, О. М. Бедарева; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2017. – 107 с.

2. Юсов, А. И. Агрометеорология: учеб.-метод. пособие по лаб. практикуму для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся в бакалавриате по направлениям подгот.: 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агрономия / А. И. Юсов, О. М. Бедарева; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2017. – 83 с.

Локальный электронный методический материал

Александр Иванович Юсов

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Редактор Е. Билко

Локальное электронное издание
Уч.-изд. л. 3,2. Печ. л. 2,6

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1