

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В11 Агрометеорология

Направление подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

Профиль образовательной программы Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

Форма обучения: заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1.....Конспект лекций	3
.....	
1.1.... Лекция № 1 Введение в дисциплину. Солнечная радиация и пути её эффективного использования .Температурный режим воздуха.....	3
1.2.... Лекция № 2 Водяной пар в атмосфере . Опасные для сельского хозяйства метеорологические явления и меры защиты от них.....	7
2.....Методические указания по проведению лабораторных работ	9
.....	
2.1 Лабораторная работа №1 Методы измерения атмосферного давления. Наблюдение за скоростью и направлением ветра. Актинометрические наблюдения .Методы измерения температуры почвы и воздуха	9.
2.2 Лабораторная работа №2 Фенологические прогнозы .Прогноз перезимовки озимых культур .Прогноз заморозков	9
2.3 Лабораторная работа №3 Методы измерения влажности воздуха. Измерение осадков. Наблюдения за снежным покровом....	10

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Введение в дисциплину. Солнечная радиация и пути её эффективного использования.»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Метеорологическая сеть, метеорологическая служба. Задачи агрометеорологии.
2. Биологическое значение основных частей солнечного спектра. Фотосинтетически активная радиация.
3. Виды радиационных потоков. Радиационный баланс и его составляющие.
4. Процессы теплообмена. Стратификация атмосферы.

1.1.2 Краткое содержание вопросов

1 Метеорологическая сеть, метеорологическая служба

Метеорология – наука об атмосфере, ее составе, строении, свойствах, физических и химических процессах, в ней происходящих.

Внутри метеорологии обособилось несколько частных дисциплин, либо изучающих различные категории атмосферных процессов, либо подходящих к ним с различными методами исследования. Это: физика атмосферы; актинометрия, динамическая метеорология, синоптическая метеорология, атмосферная оптика, атмосферное электричество, аэрология и др.

Прикладные отрасли метеорологии: сельскохозяйственная метеорология; авиационная метеорология; медицинская метеорология; транспортная метеорология; промышленная метеорология; аэрономия.

Большой раздел метеорологии, посвященный климату, выделился в более или менее самостоятельную дисциплину – **климатологию**, относящуюся по существу к географическим наукам.

В настоящее время существует запроектированная Всемирной метеорологической организацией ВСЕМИРНАЯ СЛУЖБА ПОГОДЫ (ВСП), начавшая действовать с 1 января 1968 г.

ВСП включает в себя:

Глобальную систему наблюдений (ГСН).

Глобальную систему обработки данных (ГСОД).

Глобальную систему телесвязи (ГСТ).

Основной объект исследований в метеорологии - **метеорологические элементы** - характеристики состояния воздуха и некоторых атмосферных процессов – чаще всего те, которые непосредственно можно измерить или оценить с помощью приборов: температура, давление и влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность, осадки, видимость (прозрачность атмосферы), а также температура почвы и поверхности воды, солнечная радиация, длинноволновое излучение Земли и атмосферы.

К М. э. относят также различные явления погоды: грозы, метели и т. п. Изменения М. э. являются результатом атмосферных процессов и определяют погоду и климат.

Погода. Погодные (метеорологические) условия. Климат.

Агрометеорологические факторы - погодные факторы, оказывающие существенное влияние на сельскохозяйственное производство, определяющие состояние и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Агрометеорологические условия - сочетание агрометеорологических факторов за определенный период: декаду, вегетацию, уборки, посевной и т.д.

Учет **агрометеорологических условий** позволяет установить, насколько метеорологические, климатические и гидрологические факторы того или иного района соответствуют указанным требованиям, а также определить степень угрозы вредных для

сельского хозяйства явлений погоды (засух, суховеев, заморозков, сильных морозов, ледяных корок, пыльных бурь и др.). Характеристика агрометеорологических условий дает возможность выявить наиболее рациональные методы и приемы воздействия на режим тепла, влаги и света в зоне развития растений для изменения его в благоприятную для сельскохозяйственного производства сторону.

Задачи агрометеорологии определяются требованиями сельского хозяйства, его интенсификации путем механизации, химизации, мелиорации земель, селекции высокопродуктивных сортов культурных растений и направлены на достижение основной цели — обеспечения всеми видами агрометеорологической информации агропромышленного комплекса страны на проектном, плановом и оперативном уровнях.

Это дает возможность по агрометеорологическим и агроклиматическим данным устанавливать степень благоприятности погоды и климата для перезимовки и формирования урожая сельскохозяйственных культур, судить о необходимости мелиораций и агротехнических мероприятий для получения заданного урожая и т.п.

2 Биологическое значение основных частей солнечного спектра. Фотосинтетически активная радиация.

Потоки лучистой энергии по длине волн условно делят на *коротковолновую* ($\lambda \leq 4 \text{ мкм}$) и *длинноволновую* ($\lambda > 4 \text{ мкм}$) радиацию.

Для биологических процессов в организмах растений и животных превалирующее значение имеет радиация с $\lambda < 4 \text{ мкм}$.

Роль УФ радиации в биологических процессах

Роль ИК радиации в биологических процессах

FAP.

Компенсационная точка.

Для светолюбивых растений, к которым относятся и с.-х. культуры, значение компенсационной точки составляет $20\text{--}35 \text{ Вт}/\text{м}^2$. При значениях $\text{FAP} > 280 \text{ Вт}/\text{м}^2$ наступает световое насыщение фотосинтеза, и он не возрастает.

Значение FAP можно рассчитать по данным о приходе прямой, рассеянной или суммарной радиации с помощью коэффициентов, предложенных Б.И. Гуляевым, Х.Г. Томингом и Н.А. Ефимовой:

$$Q_{\text{FAP}} = 0,43S' + 0,57D$$

$$Q_{\text{FAP}} = 0,52Q.$$

Для характеристики степени использования посевами FAP применяют *коэффициент полезного использования FAP*:

$$\text{КПИ}_{\text{FAP}} = \frac{\sum Q'_{\text{FAP}}}{\sum Q_{\text{FAP}}} \cdot 100\%,$$

Посевы по их средним значениям КПИ_{FAP} разделяют на группы (по А.А. Ничипоровичу): обычно наблюдаемые — 0,15–1,5%, хорошие — 1,5–3,0%, рекордные — 3,5–5,0%, теоретически возможные — 6,0–8,0%.

3 Виды радиационных потоков. Радиационный баланс и его составляющие.

Актинометрия — учение о солнечном, земном и атмосферном излучении (радиации) в условиях атмосферы.

Задачи актинометрии заключаются в измерении различных видов радиации, в изучении закономерностей поглощения и рассеяния радиации в атмосфере, радиационного баланса земной поверхности, географического распределения различных видов радиации.

Количественно лучистая энергия характеризуется потоком радиации, поступающей в единицу времени на единицу площади. Величину, характеризующую мощность потока лучистой энергии, называют интенсивностью радиации.

В международной системе единиц (СИ) энергетическую освещенность радиации выражают в Bm/m^2 , а для сумм радиации используют $\text{Дж}/(m^2 \times ч)$, $\text{Дж}/(m^2 \times \text{сум})$ и т.д.

Для удобства измерений и расчетов весь поток энергии, циркулирующей между деятельным слоем и атмосферой, делится на несколько более узких, конкретных потоков, которые называются составляющими радиационного баланса, или потоками лучистой энергии.

1. *Прямая радиация (S)*.
2. *Инсоляция (S')*
3. *Рассеянная радиация (D)*.
4. *Суммарная радиация (Q)*:
5. *Отраженная солнечная радиация (R_κ)*.
6. *Альбедо (A_κ)*:
7. *Поглощенная радиация (Q_κ)*:
8. *Эффективное излучение ($E_{\text{эфф}}$)*: $E_{\text{эфф}} = E_3 - E_A$.

Радиационный баланс – разность между приходящим к деятельности слою и уходящему от него потоками энергии.

Приходная часть радиационного баланса земной поверхности состоит из прямой и рассеянной солнечной радиации. Расходной частью баланса являются отраженная солнечная радиация и эффективное излучение.

$$B = S' + D - R_\kappa - E_{\text{эфф}}$$

Изменчивость средних многолетних годовых сумм радиационного баланса на территории России носит широтный характер. В высоких широтах радиационный баланс суши в среднем близок к нулю, а на юге достигает $1500\text{--}1700 \text{ МДж}/(m^2 \cdot \text{год})$.

Радиационный баланс земной поверхности существенно влияет на распределение температуры в почве и приземном слое атмосферы, а также на процессы испарения и снеготаяния, образование туманов и возникновение заморозков, изменение свойств воздушных масс (их трансформацию).

4 Процессы теплообмена. Стратификация атмосферы

Распределение температуры воздуха в атмосфере и его непрерывные изменения называют тепловым режимом атмосферы. Этот тепловой режим атмосферы, являющийся важнейшей стороной климата, определяется, прежде всего, теплообменом между атмосферным воздухом и окружающей средой. Под окружающей средой при этом понимают космическое пространство, соседние массы или слои воздуха и особенно земную поверхность.

Теплообмен осуществляется, во-первых, радиационным путем, т.е. при собственном излучении из воздуха и при поглощении воздухом радиации Солнца, земной поверхности и других атмосферных слоев. Во-вторых, он осуществляется путем теплопроводности — молекулярной между воздухом и земной поверхностью и турбулентной внутри атмосферы. В-третьих, передача тепла между земной поверхностью и воздухом может происходить в результате испарения и последующей конденсации или кристаллизации водяного пара.

Кроме того, изменения температуры воздуха могут происходить независимо от теплообмена, адиабатически. Такие изменения температуры, как известно, связаны с изменениями атмосферного давления, особенно при вертикальных движениях воздуха.

Непосредственное поглощение солнечной радиации в тропосфере мало; оно может вызвать повышение температуры воздуха всего на величину порядка $0,5^\circ$ в день. Несколько большее значение имеет потеря тепла из воздуха путем длинноволнового излучения. Но решающее значение для теплового режима атмосферы имеет теплообмен с земной поверхностью путем теплопроводности.

Воздух, непосредственно соприкасающийся с земной поверхностью, обменивается с нею теплом вследствие молекулярной теплопроводности. Но внутри атмосферы действует другая, более эффективная передача тепла — путем турбулентной теплопроводно-

сти. Перемешивание воздуха в процессе турбулентности способствует очень быстрой передаче тепла из одних слоев атмосферы в другие. Турбулентная теплопроводность увеличивает и передачу тепла от земной поверхности в воздух или обратно. Если, например, происходит охлаждение воздуха от земной поверхности, то путем турбулентности непрерывно доставляется на место охладившегося воздуха более теплый воздух из вышележащих слоев. Это поддерживает разность температур между воздухом и поверхностью и, стало быть, поддерживает процесс передачи тепла от воздуха к поверхности. Охлаждение воздуха непосредственно над земной поверхностью будет не так велико, но зато оно распространяется на более мощный слой атмосферы. В результате потеря тепла земной поверхностью окажется больше, чем она была бы в отсутствии турбулентности.

Стратификация атмосферы - характер распределения температуры с высотой. Он характеризуется вертикальным градиентом температуры:

$$BGT = \frac{t_h - t_e}{H_e - H_h} 100$$

Средний по высоте и по времени вертикальный градиент в тропосфере составляет $0,67^{\circ}/100\text{ м.}$, т.е. температура падает с высотой на $0,67^{\circ}$ на каждые 100 м.

Неустойчивое состояние (стратификация) атмосферы

$BGT > 0$ - температура понижается с высотой.

Неустойчивым состоянием (стратификацией) атмосферы называется такое состояние, при котором возможен упорядоченный перенос отдельных объемов воздуха в вертикальном направлении — тепловая конвекция. Если влагосодержание в воздухе велико — образуются облака. Вид облаков зависит от степени неустойчивости атмосферы.

Восходящий воздух адиабатически охлаждается на 1°C на 100 м, пока он не насыщен, и на несколько десятых долей градуса на 100 м, когда он достиг состояния насыщения. Опускающийся воздух, напротив, нагревается на 1°C на каждые 100 м спуска. В результате подъема объемов вверх и опускания других вниз в процессе перемешивания устанавливается такое тепловое состояние, при котором наступает конвективное равновесие. Тропосфера в среднем очень близка к такому состоянию.

Устойчивое состояние (стратификация) атмосферы (инверсия)

Если в слое воздуха температура с высотой растет ($BGT < 0$), или при вертикальных градиентах температуры меньше сухоадиабатического атмосфера обладает устойчивой стратификацией, т.к. условия для развития конвекции неблагоприятны. Такое состояние называют **инверсией** температуры.

Слои инверсии имеют наиболее устойчивую стратификацию и препятствуют развитию восходящих движений воздуха.

Инверсии подразделяются на приземные и инверсии свободной атмосферы. Мощность инверсионных слоев изменяется от нескольких метров до 2-3 км, а глубина инверсий колеблется от 2 до 10°C .

Радиационная инверсия.

Адвективная инверсия.

$BGT = 0$ - изотермия = частный случай инверсии.

3 Характеристики температурного режима и потребности растений в тепле.

1. Даты начала, окончания и продолжительность периодов с температурами ниже 0°C , выше 0°C , 5°C , 10°C и 15°C и продолжительность периодов с температурами выше указанных значений.

2. Суммы температур:

1.2 Лекция № 2 (2 часа)

Тема: «Водяной пар в атмосфере. Опасные для сельского хозяйства метеорологические явления и меры защиты от них.»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Влажность воздуха, ее характеристики.
2. Конденсация и сублимация водяного пара. Наземные гидрометеоры.
3. Опасные для сельского хозяйства метеорологические явления (ОАЯ) и меры защиты от них
4. Использование агрометеорологической информации в практике сельскохозяйственного производства

1.7.2 Краткое содержание вопросов

1 Влажность воздуха, ее характеристики.

Водяной пар непрерывно поступает в атмосферу в результате испарения с поверхности водоёмов, почвы, растительного, снежного и ледяного покрова. Количество водяного пара зависит от физико-географических условий местности, времени года и суток.

Влажность воздуха - содержание водяного пара в атмосфере.

В атмосфере содержится в среднем $1,29 \cdot 10^{13} \text{ т}$ влаги (водяного пара и жидкой воды)

Водяной пар – это вода в газообразном состоянии. Если воздух не способен удерживать большее количество водяного пара, он переходит в состояние насыщения, и тогда вода с открытой поверхности перестает испаряться. Содержание водяного пара в насыщенном воздухе находится в тесной зависимости от температуры и при ее повышении на 10°C может увеличиться не более, чем вдвое.

Для количественной оценки содержания водяного пара в воздухе используются специальные показатели, которые называются *характеристиками влажности воздуха*.

Парциальное давление водяного пара (e)

Упругость насыщения (E)

Дефицит влажности воздуха (d)

Точка росы (t_d)

Абсолютная влажность воздуха (a)

Удельная влажность воздуха (q)

2 Конденсация и сублимация водяного пара. Наземные гидрометеоры.

Ядра конденсации. Туманы, условия образования, классификация. Облака, условия образования, классификация.

Роса. Иней. Жидкий и твердый налёт на холодных предметах. Изморозь. Гололедица. Гололёд.

3 Опасные агрометеорологические явления

1 Заморозки – понижение температуры воздуха и/или поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0° на фоне положительных среднесуточных температур воздуха в периоды активной вегетации с/х культур или уборки урожая, приводящие к их повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая.

2 Засуха атмосферная – в период вегетации с/х культур отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) за период не менее 30 дней подряд при максимальной темпе-

ратуре воздуха выше 25° С. В отдельные дни (не более 25% продолжительности периода) возможно наличие максимальных температур ниже указанных пределов.

3 Засуха почвенная – в период вегетации с/х культур за период не менее 3 декад подряд запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см составляют не более 10 мм или за период не менее 20 дней, если в начале периода засухи запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см были менее 50 мм.

4 Суховей – ветер скоростью 7 м/с и более при температуре выше 25°C и относительной влажности не более 30%, наблюдающиеся хотя бы в один из сроков в течение 3 дней подряд и более в период цветения, налива, созревания зерновых культур.

5 Комплекс неблагоприятных метеорологических явлений - в период уборки урожая с/х культур в течение 7 дней и более явления, входящие в комплекс неблагоприятных метеорологических явлений, имели следующие значения:

- частые дожди – ежедневное количество осадков 1 мм и более при сумме осадков за этот период более 150% декадной нормы;
- повышенная влажность воздуха – среднесуточное значение относительной влажности воздуха 80% и более.

6 Низкие температуры при отсутствии снежного покрова или при его высоте менее 5 см – понижение температуры воздуха ниже -25°C при отсутствии снежного покрова или понижении температуры воздуха ниже -30°C при высоте снежного покрова менее 5 см, обуславливающее понижение температуры на глубине узла кущения растений ниже критической температуры вымерзания, приводящие к изреженности и/или полной гибели озимых культур (вымерзание).

7 Сочетание высокого снежного покрова и слабого промерзания почвы – длительное (более 6 декад) залегание высокого (более 30 см) снежного покрова при слабо промерзшей (до глубины менее 30 см) или талой почве. При этом минимальная температура почвы на глубине 3 см растений удерживается в пределах -1°C и выше, что приводит к частичной или полной гибели посевов озимых культур (выпревание).

8 Ледяная корка – слой льда на поверхности почвы (притёртая ледяная корка) толщиной 2 см и более, залегающей 4 декады и более в период зимовки озимых культур.

9. Переувлажнение почвы - в период вегетации сельхозкультур в течение 20 дней (в период уборки в течение 10 дней) состояние почвы на глубине 10-12 см по визуальной оценке увлажненности оценивается как липкое или текучее; в отдельные дни (не более 20 % продолжительности периода) возможен переход почвы в мягкотекучее или другое состояние

Использование агрометеорологической информации в практике сельскохозяйственного производства»

Агрометеорологические прогнозы и справки.

Прогноз перезимовки озимых культур. Прогноз запасов продуктивной влаги в почве к началу весенних полевых работ. Фенологические прогнозы (прогнозы сроков цветения плодовых культур и сеянных трав, сроков созревания и полной спелости зерновых культур, сроков вымётывания и цветения кукурузы). Прогноз оптимальных сроков сева. Прогноз теплообеспеченности вегетационного периода.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа)

Тема: «Методы измерения атмосферного давления. Наблюдение за скоростью и направлением ветра. Актинометрические наблюдения. Методы измерения температуры почвы и воздуха»

2.1.1 Вопросы к занятию:

1. Атмосферное давление.
2. Нормальное атмосферное давление
3. Барическая ступень
4. Радиационный баланс и его составляющие
5. Теплофизические свойства почвы и их характеристики.
6. 2. Ход температуры почвы. Факторы, влияющие на температуру почвы. Замерзание и оттаивание почвы.
7. 3. Характеристики температурного режима и потребности растений в тепле

2.1.2. Краткое описание проводимого занятия:

1. Изучить принцип действия и устройство приборов для измерения и регистрации изменения атмосферного давления, особенности их установки и проведения наблюдений (барометр станционный чашечный, барометр-анероид, барограф).

2. Изучить принцип действия и устройство основных метеорологических приборов для наблюдения за скоростью и направлением ветра, особенности их установки и проведения наблюдений (флюгер Вильда, анеморумбометр, анемометры ручные чашечный, крыльчатый).

3. Ознакомиться с принципом построения розы ветров и анализом ветрового режима.

4. Изучить принцип действия и устройство основных метеорологических приборов для измерения различных видов солнечной радиации и определения продолжительности солнечного сияния, особенности их установки и проведения наблюдений (актинометр, пиранометр, альбедометр, балансомер термоэлектрические, гальванометр актинометрический, гелиограф универсальный).

5. Познакомиться с методами измерения и регистрации изменения температуры почвы и воздуха и видами термометров по принципу действия. Изучить устройство термометров, чаще всего используемых в практике агрометеорологии, особенности их установки и проведения наблюдений (термометры: срочный, максимальный, минимальный, коленчатые (Савинова), щуп, вытяжной, пращ, психрометрический; термограф; будка психрометрическая).

6. Познакомиться с методикой измерения глубины промерзания почвы (мерзлотометр Данилина).

2.2 Лабораторная работа № 2(2 часа)

Тема: «Фенологические прогнозы. Прогноз перезимовки озимых культур. Прогноз заморозков»

2.2.1 Вопросы к занятию:

1. Почему необходим учет температурного режима воздуха в практике сельского хозяйства?
 2. Какая температура воздуха называется активной и эффективной? Как определяется их сумма за какой-либо период?
 3. Как влияют рельеф местности и экспозиция склонов на температуру воздуха и почвы?
 4. Какие метеорологические факторы влияют на условия перезимовки?
 5. Что понимают под зимостойкостью растений?
 6. Как влияет состояние растений на их перезимовку?
- 2 Изучить методику составления прогноза перезимовки озимых культур.
1. Рассчитать площадь (в % общей площади поля) участков, на которых возможна гибель озимых, исходные данные по вариантам.
 1. Изучить методику составления фенологических прогнозов на примере прогнозов сроков наступления фаз развития сельскохозяйственных культур.
 2. Рассчитать ожидаемые даты цветения плодовой культуры, сеянных трав и сроков созревания зерновых по своему району, исходные данные по вариантам.
 1. Ознакомиться с критериями опасного агрометеорологического явления «заморозок», с классификацией заморозков, воздействием на растения, с мерами по защите растений от заморозков.
 2. Изучить методики прогноза радиационных заморозков.
 3. Составить прогноз заморозков, исходные данные по вариантам.

2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа)

Тема: «Методы измерения влажности воздуха. Измерение осадков. Наблюдения за снежным покровом»

2.4.1 Вопросы к занятию:

1. Дать определение основных характеристик влажности воздуха.
2. Характеристики выпадения осадков.
3. Характеристики снежного покрова, значение для сельскохозяйственного производства.

2.4.2. Краткое описание проводимого занятия:

1. Познакомиться с методами определения влажности воздуха. Изучить принцип действия и устройство приборов, используемых для измерения и регистрации изменения влажности воздуха, особенности их установки и проведения наблюдений (психрометры: стационарный, аспирационный; гигрометр волосной, гигрограф; «Психрометрические таблицы»).

1. Познакомиться с методами измерения и регистрации количества выпавших осадков. Изучить устройство приборов, особенности их установки и проведения измерений (осадкометр Третьякова, полевой дождемер, почвенный дождемер Давитая).

2. Познакомиться с программой наблюдения за снежным покровом. Изучить методику определения плотности снега и расчета запасов воды в снеге (весовой снегометр, снегометрическая рейка).