

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова**

Краткий курс лекций по дисциплине

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Направление подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Саратов 2016

Краткий курс лекций по дисциплине «Агрометеорология» для студентов 2 курса направления подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование /Сост.: Н.Г. Левицкая // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2015. – 49 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Агрометеорология» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначены для студентов направления подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование. Данный курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам «Агрометеорологии» и направлен на решение основных задач по организации рационального использования земель с учетом почвенно-климатических ресурсов территории. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов в области природообустройства и водопользования.

ВВЕДЕНИЕ

Целью курса «Агрометеорология» является изучение атмосферных процессов и явлений, формирующих состояние среды, в которой существуют сельскохозяйственные растения. Знание закономерностей формирования погоды и климата на той или иной территории позволит специалистам сельского хозяйства более эффективно использовать естественные природные ресурсы и снизить ущерб от опасных метеорологических явлений.

Разработка оптимальных приемов ведения сельского хозяйства потребует от выпускников аграрных вузов знаний погодных и климатических особенностей территории, их изменчивости в отдельные годы, умения пользоваться режимной гидрометеорологической информацией, результатами наблюдений метеорологических станций, а в случае необходимости самостоятельно измерять основные метеорологические элементы.

По каждой теме дан минимум теоретического материала, вопросы для самоконтроля и список рекомендуемой литературы.

Лекция 1

Предмет, задачи и основные понятия агрометеорологии. Атмосфера как среда обитания.

1. Предмет и задачи агрометеорологии. Значение агрометеорологических факторов в сельском хозяйстве
2. Состав и строение атмосферы
3. Атмосферное давление и его изменение с высотой.
4. Распределение атмосферного давления по горизонтали. Изобары и барические системы.
5. Ветер и воздушные течения в атмосфере

1. Предмет и задачи агрометеорологии

Агрометеорологией называется наука, изучающая метеорологические, климатические, гидрологические и почвенные условия в их взаимодействии с объектами и процессами с/х производства. Она сформировалась в конце XIX века, как прикладная отрасль метеорологии - науки о земной атмосфере и физических процессах, происходящих в атмосфере. Родиной агрометеорологии явилась Россия, а ее основоположниками были крупные русские ученые А.И. Воейков и П.И. Броунов. Они разработали принципы и программы агрометеорологических наблюдений, организовали первую в мире сеть агрометеорологических станций, провели ряд важных агрометеорологических и агроклиматических исследований. И только потом аналогичная сеть была организована в других странах.

Объектами изучения агрометеорологии являются погода, климат, водный и тепловой режим почвы, с/х культуры и процессы с/х производства.

Погода – это физическое состояние атмосферы в данный момент времени в данном месте. Она характеризуется температурой, влажностью, облачностью, скоростью и направлением ветра, атмосферным давлением, а также различными метеорологическими явлениями.

Климат – это средний многолетний режим погоды на данной территории. Для его характеристики используются средние многолетние данные о температуре, осадках, влажности воздуха и почвы, повторяемости тех или иных явлений и т.д.

Метеорологические и гидрологические показатели, определяющие состояние и продуктивность с/х культур называются **агрометеорологическими факторами**. Их сочетания в определенный период времени называют агрометеорологическими условиями, а их многолетний режим – **агроклиматическими условиями**.

Агрометеорология изучает погоду и климат применительно к практическим и теоретическим задачам сельского хозяйства. К числу важнейших задач агрометеорологии относятся:

- исследование пространственно-временных закономерностей влияния погоды и климата на объекты и процессы с/х производства,
- разработка методов агрометеорологических прогнозов,
- агрометеорологическое обоснование мероприятий, направленных на защиту объектов сельского хозяйства от неблагоприятных явлений климата и погоды, вредителей и болезней,
- изучение проблемы мелиорации климата и микроклимата полей с целью их возможного улучшения для с/х производства и т.д.

Агрометеорология, как наука, наиболее тесно связана с метеорологией, географией, гидрологией, почвоведением, растениеводством, физиологией и другими географическими, сельскохозяйственными и биологическими науками.

Значение агрометеорологических факторов в с/х производстве

Среди агрометеорологических факторов выделяют основные и второстепенные факторы жизни растений. К числу основных факторов относятся факторы, без которых растение не может жить, расти и развиваться.

Солнечная радиация обеспечивает растения энергией, которую они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества, влияет на химический состав и качество продукции.

Температура окружающей среды регулирует процессы роста и развития растений, фотосинтеза, дыхания и транспирации. Однако все эти процессы невозможны при отсутствии влаги и воздуха. Поэтому свет, тепло, влагу и воздух называют основными факторами жизни растений.

Есть также факторы, не являющиеся необходимыми для жизни растений, но оказывающими на них влияние. Это ветер, облачность, дымовые газы, радиоактивность и т.д. – они называются второстепенными факторами.

В комплексе основные и второстепенные факторы составляют среду обитания растений.

В последующих лекциях мы подробно поговорим о значении основных и второстепенных факторов внешней среды и их влиянии на растение.

А сегодня рассмотрим состав, строение и основные свойства атмосферы.

2. Состав и строение атмосферы

Атмосферой называется воздушная оболочка Земли, которая состоит из смеси ряда газов.

В нижних слоях атмосферы основными газами, составляющими воздух, являются азот (78%) и кислород (21%), 0.93% - аргон, 0.03% - CO₂ и 0.01% приходится на гелий, неон, криптон, водород, ксенон, озон и др. газы. Кроме упомянутых газов в воздухе всегда содержится водяной пар, а также аэрозоли - мельчайшие твердые и жидкие частицы во взвешенном состоянии.

Из всех газов атмосферы наибольшее значение для биосферы имеют азот, кислород, CO₂, водяной пар и озон, защищающий живые организмы от излишнего ультрафиолетового излучения.

С высотой состав атмосферного воздуха постепенно изменяется, и на высотах более 1000 км в составе воздуха начинают преобладать легкие газы - сначала гелий, а затем атомарный водород.

Давление и плотность атмосферы убывают с высотой; около половины всей массы атмосферы сосредоточено в нижних 5 км, а 99.5% - в нижних 80 км. Атмосфера не имеет резкой верхней границы; плотность составляющих ее газов постепенно приближается к плотности газов межпланетного пространства. На высотах от 2 до 20 тыс.км, в так называемой земной короне, в среднем содержится около 1000 ионизированных частиц на каждый см³ (за пределами короны - 100).

Строение атмосферы

В вертикальном направлении атмосферу делят на несколько основных слоев, в зависимости от характера изменения температуры воздуха с высотой. Эти слои называются *тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера и экзосфера.*

Переходные слои или границы между основными слоями называются тропопауза, стратопауза и мезопауза.

Нижний слой атмосферы до высоты 9-11 км, в котором температура воздуха понижается с высотой (в среднем на $0.6^{\circ}/100\text{м}$) называется *тропосферой*. В тропосфере содержится около 80% всей массы воздуха и почти весь водяной пар; здесь же происходят важнейшие атмосферные процессы, влияющие на деятельность человека.

Над тропосферой до высоты 50-55 км располагается *стратосфера*. В нижней части этого слоя температура почти не меняется с высотой, а выше 25 км возрастает, достигая у верхней границы 0° . Этот рост температуры обусловлен интенсивным поглощением солнечной радиации озоном, который содержится в этих слоях в повышенном количестве, в связи с чем данный слой атмосферы иначе называют *озоносферой*.

Выше стратосферы, до высоты примерно 80-90 км располагается *мезосфера*, для которой характерно опять быстрое понижение температуры воздуха с высотой, как в тропосфере. Вблизи верхней границы мезосферы температура составляет $-70 - 90^{\circ}$.

Над мезосферой до высоты 800 - 1000 км простирается *термосфера*. Температура воздуха в термосфере повышается с высотой и на верхней границе достигает примерно 2000° , что связывается с большой скоростью движения молекул в разреженном воздухе (давление в 200 раз меньше, чем у земли). Космические корабли и спутники, находящиеся в термосфере, не испытывают воздействия столь высокой температуры вследствие большой разреженности воздуха. Воздух в термосфере сильно ионизирован, поэтому его электропроводность здесь в миллиарды раз больше, чем в тропосфере. В термосфере происходят полярные сияния, сгорают метеориты.

С высоты порядка 1000 км начинаются чрезвычайно разреженные слои внешней оболочки атмосферы - *экзосферы* или *сферы рассеивания*, состоящей из наиболее легких атмосферных газов - гелия и водорода. Ускользящие атомы водорода образуют лёгкую земную корону, простирающуюся примерно до высоты 20 тыс. км.

3. Атмосферное давление и его изменение с высотой..

Из курса физики известно, что давлением вообще называется сила, отнесенная к единице площади.

Атмосферное давление - это сила, с которой давит на единицу земной поверхности столб воздуха, простирающийся от поверхности земли до верхней границы атмосферы.

В метеорологии принято выражать атмосферное давление в мм рт. ст., миллибарах или гектопаскалях. В международной системе единиц СИ атмосферное давление выражают в гПа. Между единицами измерения давления существует определенное соотношение: $1 \text{ мб} = 1 \text{ гПа} = 0.75 \text{ мм рт.ст.}$, а $1 \text{ мм рт.ст.} = 1.33 \text{ мб}$.

Нормальным у поверхности Земли принято считать атмосферное давление равное 760 мм рт. ст. или 1013 гПа.

Изменение атмосферного давления с высотой. Барическая ступень.

Согласно основному уравнению статики, атмосферное давление уменьшается с высотой, т.к. уменьшается толщина и плотность вышележащего слоя воздуха.

В линейном приближении основное уравнение статики атмосферы можно записать следующим образом: $\Delta p = -\rho g \Delta h$

Разделив левую и правую части на Δh , получим второй вид основного уравнения статики атмосферы: $\Delta p / \Delta h = -\rho g$

Левая часть этого уравнения представляет собой вертикальную составляющую градиента давления, а правая - величину силы тяжести, действующей на единичный объем воздуха, масса которого равна (ρ).

Таким образом, основное уравнение статики физически выражает собой равновесие двух сил: вертикального градиента давления и силы тяжести.

Основное уравнение статики является одним из важнейших уравнений метеорологии, на основе которого устанавливаются закономерности распределения давления, плотности и массы воздуха по высоте.

Интегралы основного уравнения статики атмосферы, полученные при разных предположениях относительно изменения температуры и плотности воздуха с высотой, носят общее название *барометрических формул*.

Количественной характеристикой изменения атмосферного давления с высотой является *барическая ступень*, представляющая собой расстояние по вертикали в метрах, соответствующее изменению давления на 1 единицу. Значение её выражается в м/мб или в м/гПа.

По упрощенной формуле *Бабинэ* барическая ступень рассчитывается следующим образом:

$$h = \frac{8000 \cdot (1 + 0.004 t)}{p}, \quad (1.1)$$

где

t и p - соответственно температура и давление воздуха в той же точке, для которой вычисляется барическая ступень h ; 0,004 - коэффициент объемного расширения воздуха.

Барическая ступень у земной поверхности при температуре воздуха 0° и давлении 1000 мб равна 8 м/мб. Следовательно, вблизи от земной поверхности при условиях, близких к нормальным, для того, чтобы давление упало на 1 мб нужно подняться примерно на 8 м.

С помощью барометрических формул можно приводить давление к уровню моря, а также определять разность высот двух пунктов, т.е. осуществлять барометрическое нивелирование. Оно менее точно, чем геодезическое, но очень удобно в горной местности, когда не требуется высокой точности и разность высот не превышает 1000 м.

Для определения разницы высот двух уровней используют упрощенную барометрическую *формулу Лапласа (Бабинэ)* в следующем математическом выражении.

$$z = 16000 (1 + 0.004 t_m) \frac{p_0 - p_1}{p_0 + p_1}, \quad (1.2)$$

где z - разность высот в метрах, t_m - средняя барометрическая температура слоя воздуха по шкале Цельсия, p_0 и p_1 - давление на нижнем и верхнем уровнях.

4. Распределение атмосферного давления по горизонтали. Изобары и барические системы.

Вследствие неравномерного нагревания земной поверхности горизонтальное распределение атмосферного давления в один и тот же момент времени в разных точках неодинаково.

Линии, соединяющие точки с одинаковым атмосферным давлением, называются *изобарами*. С помощью изобар на географических картах выделяют области пониженного и повышенного атмосферного давления, которые принято называть *барическими системами*.

Основные виды барических систем - это *циклоны и антициклоны*.

Циклоны представляют собой область замкнутых, концентрических изобар с самым низким давлением в центре, а *антициклоны* - это области замкнутых, концентрических изобар с самым высоким давлением в центре.

В циклонах горизонтальный градиент давления направлен от периферии к центру, и движение воздуха осуществляется против часовой стрелки. А в антициклонах, наоборот – градиент давления направлен от центра к периферии, и воздух движется по часовой стрелке. Кроме циклонов и антициклонов часто встречаются барические системы с незамкнутыми изобарами, которые называются *ложбины* и *гребни*.

Ложбина - это полоса пониженного давления между двумя областями повышенного давления, а *гребень* - это полоса повышенного давления между двумя областями пониженного давления.

5. Ветер и воздушные течения в атмосфере

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Причиной возникновения ветра является сила горизонтального градиента давления, который всегда направлен от высокого давления к низкому.

Ветер характеризуется скоростью и направлением. Скорость ветра обычно выражается в м/сек и зависит от величины горизонтального градиента давления. Чем больше разность давления, тем больше скорость ветра. Направление ветра определяется географическим румбом той точки горизонта, откуда дует ветер. При измерении его используется 16 румбов (8 основных и 8 промежуточных): С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ и З. Международные обозначения : N - норд (север), E - ост (восток), S - зюйд (юг), W - вест (запад).

Важнейшими силами, влияющими на движение воздуха, являются *сила горизонтального градиента давления (градиентная сила), отклоняющая сила вращения Земли (сила Кориолиса) и сила трения*. Взаимодействие этих сил определяет закономерности движения воздуха в данных условиях, в том числе скорость и направление ветра.

Воздушными течениями называются системы ветров над более или менее обширными пространствами, захватывающие значительную толщу атмосферы и обладающие определенной устойчивостью во времени.

К основным воздушным течениям относятся *пассаты, муссоны, воздушные течения в циклонах и антициклонах, струйные течения, наблюдающиеся в высоких слоях атмосферы и местные ветры (фёны, бризы, бора, горно-долинные ветры и т.д.)*.

Сложная и непрерывно меняющаяся во времени и в пространстве система крупномасштабных воздушных течений над земным шаром называется *общей циркуляцией атмосферы*.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает агрометеорология и каковы ее основные задачи?
2. Что такое атмосфера? Какова ее высота?
3. Какие газы преобладают в составе атмосферного воздуха?
4. Какова роль водяного пара, озона и углекислого газа?
5. Каково вертикальное строение атмосферы?
6. Что такое атмосферное давление? Как оно изменяется с высотой?
7. Как распределяется атмосферное давление по горизонтали?
8. Что такое изобары и барические системы?
9. Что такое ветер и воздушные течения в атмосфере?
10. Что называется общей циркуляцией атмосферы?

Список литературы

Основная

1. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.
3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П, Андриященко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.
2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 2

Солнечная радиация и растения

1. Солнце и спектральный состав солнечной радиации
2. Закон ослабления солнечной радиации при прохождении через атмосферу (Закон Буге)
3. Виды потоков солнечной радиации. Понятие альбедо, эффективного излучения и фотосинтетически активной радиации (ФАР).
4. Радиационный баланс земной поверхности.
5. Пути более полного использования солнечной радиации в сельском хозяйстве.

1. Солнце и спектральный состав солнечной радиации

Солнце является основным источником энергии для всех процессов, происходящих на земной поверхности и в атмосфере. Оно обеспечивает растения энергией, которую они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества. Солнечная радиация влияет на процессы роста и развития, общую продуктивность растений, питательную ценность и качество продукции.

Солнце излучает энергию как абсолютно черное тело с температурой излучающей поверхности около 6000° . В центре Солнца температура достигает $40\,000\,000^{\circ}$, поэтому оно излучает огромное количество энергии ($3,71 \cdot 10^{26}$ Вт), но до Земли доходит менее, чем одна двухмиллиардная ее доля, что в пересчете на 1 км^2 поверхности Земли соответствует мощности 330 тыс. кВт.

Солнечной радиацией называется часть лучистой энергии Солнца, проникающая в земную атмосферу в виде электромагнитных волн со скоростью почти 300 000 км/сек.

Солнечный свет, достигший поверхности земли, качественно неодинаков. Его спектр обычно подразделяют на три части: невидимые *ультрафиолетовые лучи* с длиной волны $< 0,40$ мкм, *видимые лучи* (0,40-0,76 мкм) и невидимые *инфракрасные лучи* с длиной волны $> 0,76$ мкм. На интервал длин волн от 0,1 до 4 мкм приходится 99% всей излучаемой энергии, что позволяет считать солнечную радиацию практически полностью коротковолновой.

У верхней границы атмосферы доля ультрафиолетовых лучей составляет 7%, видимых - 46%, инфракрасных - 47%.

Мощность потока солнечной радиации в Международной системе единиц СИ выражается в Вт/м². На верхнюю границу атмосферы при среднем расстоянии от Земли до Солнца (на поверхность, перпендикулярную солнечным лучам), поступает **1382 Вт/м²**. Эта величина называется **солнечной постоянной S₀**.

2. Закон ослабления солнечной радиации при прохождении через атмосферу (Закон Буге)

Проходя через атмосферу, солнечные лучи частично поглощаются, отражаются и рассеиваются атмосферой, которая тем самым изменяет количество и качество солнечной радиации, поступающей к поверхности земли.

Количественная оценка ослабления потока прямой солнечной радиации атмосферой дается **законом Буге**.

По формуле Буге интенсивность прямой солнечной радиации у поверхности Земли можно вычислить следующим образом:

$$S_{пр.} = S_0 * P^m,$$

где $S_{пр.}$ - интенсивность прямой солнечной радиации у земной поверхности; S_0 - солнечная постоянная; p - коэффициент прозрачности атмосферы, показывающий, какая часть солнечной радиации достигает земной поверхности при положении Солнца в зените; m - условная оптическая масса атмосферы, зависящая от высоты Солнца. $m = 1/\sin h$. При массе $m=1$, т.е. при солнце в зените $S=S_0 * p$, а $p = S/S_0$

Коэффициент прозрачности атмосферы зависит от влажности и запыленности воздуха. Ослабление солнечной радиации пропорционально потоку радиации, входящему в атмосферу, и количеству поглощающих и рассеивающих частиц на всем пути луча через атмосферу.

Спектральный состав солнечной радиации при прохождении атмосферы также как и интенсивность не остается постоянным. Степень рассеяния и поглощения зависит от длины волны. При этом, чем короче волна, тем сильнее рассеиваются и поглощаются солнечные лучи. Например, ультрафиолетовые лучи рассеиваются атмосферой в 15-30 раз сильнее, чем инфракрасные. Поэтому при низком стоянии солнца, когда лучи должны пройти более длинный путь через атмосферу, коротковолновые лучи почти полностью поглощаются атмосферой, а по мере увеличения высоты солнца доля ультрафиолетовой радиации значительно возрастает.

Таким образом, растения, произрастающие в южных районах, получают более интенсивный и богатый коротковолновой радиацией солнечный свет, поэтому они отличаются более интенсивной окраской листьев и цветов, ростом и развитием.

3. Виды потоков солнечной радиации. Понятие альбедо, эффективного излучения и фотосинтетически активной радиации (ФАР).

До земной поверхности солнечная радиация доходит в виде потоков прямой и рассеянной радиации.

Прямой солнечной радиацией (S) называется поток параллельных лучей, поступающих непосредственно от видимого диска солнца на поверхность перпендикулярную падающим лучам. Её интенсивность зависит от высоты солнца, состояния атмосферы (наличия облачности, пыли, водяного пара и др.) и времени года.

Прямая солнечная радиация, падающая на горизонтальную поверхность, называется **инсоляцией (S')**.

Интенсивность инсоляции вычисляется по формуле $S' = S * \sin h$,

где S' - количество тепла в Вт/м², получаемое горизонтальной поверхностью; S - количество тепла в Вт/м², получаемое перпендикулярной к лучу поверхностью; $\sin h$ - синус высоты солнца. При положении солнца в зените $S' = S$.

Рассеянной радиацией (D) называется часть солнечной радиации, дошедшая до поверхности земли после рассеивания атмосферой и отражения от облаков.

Общий приход прямой и рассеянной радиаций, поступающих на горизонтальную поверхность, называется **суммарной радиацией**:

$$Q = S' + D,$$

где Q – суммарная радиация, S' - инсоляция, D – рассеянная радиация.

До восхода, после захода солнца и днем при сплошной облачности суммарная радиация полностью состоит из рассеянной радиации.

Часть суммарной радиации, отраженная от земной поверхности, называется **отраженной радиацией (Rк)**.

Величина отражения солнечной радиации земной поверхностью зависит от характера этой поверхности. Количественно отражательную способность поверхности характеризует величина **альbedo**. Формула альbedo представляет собой отношение количества отраженной радиации к общему потоку суммарной радиации, падающей на данную поверхность $A_k = R_k / Q$.

Величина альbedo выражается в долях единицы или в процентах и зависит от цвета и шероховатости поверхностей. Темные и шероховатые поверхности имеют меньшее альbedo, чем светлые и гладкие. Например, поверхность свежеснеженного снега отражает до 90%, а черноземной почвы 7-10%. Альbedo водных поверхностей в среднем меньше, чем альbedo поверхности суши и оно очень сильно зависит от высоты Солнца. Так при отвесном падении солнечных лучей оно составляет 2-5%, а при малых высотах Солнца достигает 50-70%.

Земная поверхность и атмосфера, нагреваясь за счет поглощения солнечной радиации и процессов нерадиационного теплообмена, сами также излучают энергию. Это излучение называется **собственным излучением земли (Eз) и встречным излучением атмосферы (Eа)**. Поскольку температура земной поверхности и нижних слоев атмосферы сравнительно невелика (средняя температура земной поверхности около 15⁰), то излучаемая ими радиация приходится на невидимый инфракрасный участок спектра и относится к длинноволновой радиации.

В среднем в умеренных широтах излучение земной поверхности вполне сопоставимо со значениями потока суммарной радиации. Но в отличие от суммарной радиации, которая поступает только в светлое время суток, излучение земной поверхности происходит круглосуточно, и суточные его суммы могут значительно превышать соответствующие суммы поглощенной коротковолновой радиации. Если бы такая большая отдача энергии не компенсировалась длинноволновым излучением атмосферы, это привело бы к быстрому охлаждению земной поверхности.

Расчеты показывают, что при отсутствии атмосферы средняя температура деятельного слоя Земли была бы на 38⁰ ниже обычной (-23⁰) и Земля была бы покрыта льдом.

Однако, атмосфера, поглощая длинноволновое излучение земной поверхности и небольшую часть солнечной радиации, а также получая тепло нерадиационными путями, нагревается и также излучает инфракрасную радиацию примерно в том же диапазоне длин волн, что и земная поверхность. Примерно 1/3 этой радиации уходит в мировое пространство, большая же часть приходит к земной поверхности, образуя встречное излучение атмосферы. Очень важным источником встречного излучения атмосферы являются облака, и при мощной сплошной облачности это излучение особенно возрастает.

Разность между излучением земной поверхности и встречным излучением атмосферы называется **эффективным излучением**:

$$E_{эф} = E_z - E_a$$

Эффективное излучение деятельного слоя зависит от его температуры, от влажности и прозрачности воздуха и от облачности. С повышением температуры поверхности Eэф увеличивается, а с повышением температуры и влажности воздуха - уменьшается.

Особенно влияют на эффективное излучение облака, т.к. капли облаков излучают почти так же как и деятельный слой Земли. Если облака плотные и температура их близка к температуре деятельного слоя, то $E_z = E_a$ и тогда $E_{эф} = 0$.

Атмосфера сильно ослабляет излучение земной поверхности, т.к. оно поглощается водяным паром и углекислым газом, содержащимися в воздухе. Это свойство атмосферы называется «оранжерейным эффектом», поскольку атмосфера при этом действует подобно стеклам в теплицах: хорошо пропускает солнечные лучи, нагревающие почву и растения, но плохо пропускает во внешнее пространство тепловое излучение нагретой почвы.

В процессе фотосинтеза растения используют не весь спектр солнечной радиации, а только его часть, находящуюся в интервале длин волн **0.38-0.71 мкм**. Она называется **фотосинтетически активной радиацией (ФАР)**.

В потоке суммарной радиации доля ФАР составляет в среднем за год около 52%, т.е. $\Sigma Q_{ФАР} = 0,52 \Sigma Q$. Более точно количество ФАР можно рассчитать по следующей формуле Х.Т. Тооминга:

$$\Sigma Q_{ФАР} = 0.43 \Sigma S' + 0.57 \Sigma D,$$

где $\Sigma Q_{ФАР}$ - суммарная фотосинтетически активная радиация ($\text{Дж}/\text{м}^2$);

$\Sigma S'$ - сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность ($\text{Дж}/\text{м}^2$); Σ

D - сумма рассеянной солнечной радиации ($\text{Дж}/\text{м}^2$).

Коэффициент полезного использования ФАР (**КПД_{ФАР}**) в агроценозах, как показывают многочисленные исследования, составляет не более **1-3%**, хотя теоретически возможно использование **6-8%**. В естественных фитоценозах он варьирует в зависимости от вида растений и условий среды от 0,1% до 12,5%.

КПД_{ФАР} зависит от срока, способа и густоты посева, от обеспеченности влагой, количества внесенных удобрений, уровня агротехники, погодных условий и т.д. Другими словами КПД характеризует эффективность агротехники и качества эксплуатации земли.

4. Радиационный баланс земной поверхности

Радиационным балансом земной поверхности (B) называется разность между всеми потоками радиации, приходящими к земной поверхности и уходящими от нее.

Приходная часть радиационного баланса состоит из прямой (S'), рассеянной радиации (D) и встречного излучения атмосферы E_a .

Расходная часть складывается из отраженной радиации (R_k) и собственного излучения земли (E_z).

Уравнение радиационного баланса земной поверхности можно записать в следующем виде:

$$B = S' + D + E_a - R_k - E_z$$

Используя значение суммарной радиации $Q = S' + D$ и эффективного излучения, это выражение можно написать короче следующим образом

$$B = Q - R_k - E_{эф}$$

В этой формуле разность $(Q - R_k)$ представляет коротковолновую радиацию, поглощенную поверхностью земли. Величину этого коротковолнового остатка радиации можно также определить путем умножения суммарной радиации на величину поглощательной способности, т.е. на разность между единицей и альбедо для коротких волн, тогда уравнение радиационного баланса запишется: $B = Q(1 - A_k) - E_{эф}$.

Ночью коротковолновые потоки радиации отсутствуют и радиационный баланс земной поверхности равен эффективному излучению со знаком минус. $B = -E_z$

Радиационный баланс днем обычно положителен, а ночью - отрицателен. Переход от положительных значений радиационного баланса к отрицательным происходит, как правило, за 1-2 часа до захода Солнца, а обратный через 1 час после его восхода. Однако в умеренных широтах при наличии снежного покрова из-за его большой отражательной и

излучательной способности радиационный баланс обычно отрицателен не только ночью, но и на протяжении всего дня.

В суточном ходе днем в ясную погоду радиационный баланс растет с увеличением высоты солнца и убывает с ее уменьшением.

Годовые суммы радиационного баланса положительны на всей поверхности земного шара, за исключением районов с постоянным снежным и ледяным покровом.

Радиационный баланс земной поверхности является важнейшим климатообразующим фактором, т.к. от его значения прямо или косвенно зависят тепловой режим почв, водоемов, растительности и взаимодействующих с ними слоев атмосферы; ход процессов испарения; свойства формирующихся в данном районе воздушных масс; циркуляция атмосферы и т.д. Практически все процессы на земной поверхности, в атмосфере и в самих растениях протекают за счет энергии радиационного баланса. Распределение его по земной поверхности в значительной мере определяет зональность климатов, географическое распределение растительности, ее продуктивность и приемы ведения сельского хозяйства.

5. Пути более полного использования солнечной радиации в сельском хозяйстве

Для получения высоких и стабильных урожаев необходимо выводить такие сорта, которые в ограниченных условиях среды (например, недостатка влаги) имели бы, прежде всего активный фотосинтетический аппарат, позволяющий им в неблагоприятных условиях создавать высокопродуктивные посевы. Кроме того, учитывая, что в посевах в зависимости от времени дня, фазы развития, высоты и густоты растений, облачности и других факторов меняются условия освещенности, необходимо создавать такие сорта, которые позволили бы листовому аппарату работать с высоким КПД при различной освещенности. Под КПД посевов понимают отношение части ФАР, затраченной на фотосинтез и образование биомассы, к общей ФАР, поглощенной растительным покровом.

В настоящее время ученые стремятся создавать такие конструкции посевов, которые обеспечивали бы максимальную освещенность листовой поверхности, а следовательно максимальную их продуктивность: посевы с определенной шириной междурядий, на террасах, по горизонталям склонов, на склонах различной ориентации и т.д. В плодоводстве стремятся создавать типы крон (пальметта, веретено), способствующие оптимальному радиационному режиму в кроне дерева, что повышает урожай и товарные качества плодов.

На основе так называемого «оранжерейного эффекта» (солнечный обогрев) действуют теплицы и парники, где выращиваются овощные и бахчевые культуры, ускоряется выход продукции овощей и фруктов.

Создаются различные виды солнечных батарей, которые в южных районах страны используются для сушки плодов и овощей, подогрева и опреснения воды и др.

Для четкого планирования и научно обоснованного ведения сельского хозяйства необходимо знать характеристики радиационного режима данной местности и уметь регулировать его в посевах, насаждениях и теплицах.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое солнечная радиация? Каков ее спектральный состав?
2. Что такое прямая, рассеянная и отраженная радиация?
3. Что называется фотосинтетически активной радиацией (ФАР)?
4. Что такое альbedo и от чего зависит его величина?
5. Что такое эффективное излучение?
6. Что называется радиационным балансом земной поверхности?

7. Каковы пути повышения эффективности использования ФАР?

Список литературы

Основная

2. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.
3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П., Андрущенко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.
2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 3

Температура почвы, воздуха и растения

1. Понятие активной и эффективной температуры
2. Температурный режим почвы. Законы Фурье
3. Замерзание и оттаивание почвы
4. Тепловой режим атмосферы
5. Влияние температуры на растения

1. Понятие активной и эффективной температуры

Температура воздуха и почвы являются важнейшими факторами жизнедеятельности растений, которые могут развиваться только в определенном диапазоне температур. Каждое растение имеет свой температурный минимум, ниже которого оно перестает вегетировать, температурный оптимум, соответствующий максимальной продуктивности растений и температурный максимум, за пределами которого растение существовать не может.

Для большинства с/х культур биологическим нулем является $+5^{\circ}$, для более теплолюбивых культур (сорго, рис, фасоль, хлопчатник) $+10^{\circ}$. Температурный максимум для большинства культур составляет $30-35^{\circ}$.

Активной называют температуру выше биологического нуля.

Эффективной называют температуру за вычетом биологического нуля, т.е. $t_{эф} = t_{ср} - t_{б.о.}$

Повышение температуры обуславливает ускорение роста и развития растений, однако это наблюдается до определенных пределов. Например, в умеренных широтах ускорение роста растений наблюдается только до температуры равной 20° , затем темпы замедляются, причем, чем выше температура, тем быстрее замедляется скорость развития

растений. Температура воздуха равная 30° угнетает растения, а порой способствует их гибели.

Жаркая сухая погода в период налива зерна вызывает так называемый запал и захват зерна, в результате чего зерно становится щуплым, что резко снижает урожай и качество семян. В период цветения высокая температура обуславливает стерильность пыльцы, что приводит к череззернице и резкому снижению урожая.

Температура почвы особенно сильно влияет на развитие растений в начальные этапы их жизни – в период формирования всходов, корневой системы и кущения растений. Чем выше температура (до определенных пределов) тем быстрее прорастают семена и формируются всходы (при достаточной влагообеспеченности). Температура почвы выше оптимума замедляет развитие семян, ухудшает условия укоренения и т.д.

Изучение воздействия температурного фактора на жизнедеятельность растений позволяет агрометеорологам своевременно рекомендовать те или иные приемы регулирования и оптимизации температурного режима в сельском хозяйстве с помощью соответствующих агротехнических приемов (мульчирование, рыхление, прикатывание и т.д.).

2. Температурный режим почвы. Законы Фурье

К числу основных факторов, влияющих на тепловой режим почвы, относятся объемная теплоемкость и теплопроводность почвы, цвет почвы, влажность, плотность, растительный и снежный покров, экспозиция склона.

Поскольку теплоемкость и теплопроводность воды во много раз выше, чем воздуха, то влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее остывают по сравнению с сухими.

Растительный покров уменьшает нагрев почвы днем и потерю тепла ночью. Снежный покров предохраняет почву от излишнего выхолаживания. Совместное влияние растительного покрова летом и снежного покрова зимой уменьшает годовую амплитуду температуры поверхности почвы на 10° по сравнению с оголенной почвой. Южные склоны прогреваются сильнее северных.

В суточном и годовом ходе температура поверхности почвы обычно имеет один минимум и один максимум. В суточном ходе максимум наблюдается в 13-14 ч., минимум – за час до восхода солнца. В годовом ходе в умеренных широтах максимум наблюдается в июне-июле, минимум в январе-феврале.

Вследствие теплопроводности почвы суточные и годовые колебания температуры поверхности передаются в более глубокие слои. Законы распространения тепла в глубь почвы носят название законов Фурье.

Первый закон Фурье гласит о том, что независимо от типа почвы период колебаний температуры не изменяется с глубиной. При этом суточные колебания температуры прослеживаются до глубины 1м, а годовые – до глубины 15-20 м, ниже находится слой постоянной температуры.

Второй закон Фурье гласит, что амплитуда колебаний температуры уменьшается с глубиной, причем увеличение глубины в арифметической прогрессии ведет к уменьшению амплитуды в геометрической прогрессии.

Третий закон Фурье указывает, что время наступления минимальных и максимальных значений температуры запаздывает с глубиной: в суточном ходе – на 2,5-3,5 ч на каждые 10 см, в годовом ходе – на 20-30 суток – на каждый метр.

Температурный режим почвы удобно представлять с помощью графика термоизоплет, на котором по оси абсцисс откладывают время в сутках или месяцах, а по оси ординат – глубину почвы. В поле графика наносят средние значения температуры в разные месяцы на разных глубинах, а затем проводят изолинии, соединяя точки с равными значениями температуры. В итоге на графике получается семейство

термоизолят, по которым можно для любого времени и любой глубины определить значение температуры.

Замерзание и оттаивание почвы. Замерзание почвы начинается при температуре $-1 - 1,5^{\circ}$ сверху. Глубина промерзания будет зависеть от влажности почвы, высоты снежного покрова, наличия растительности и т.д. В Саратовской области максимальная глубина промерзания составляет 150-160 см. Оттаивание почвы начинается снизу за счет внутреннего тепла, а затем и сверху. Огромные площади (около $9\,000\,000\text{ км}^2$) в стране заняты вечной мерзлотой, мощность которой изменяется от нескольких метров до сотен метров. В северных районах летом почва оттаивает на несколько десятков см, а в южных районах – до нескольких метров.

3. Тепловой режим атмосферы

Тепловой режим атмосферы определяется, прежде всего, теплообменом между атмосферным воздухом и окружающей средой.

Теплообмен осуществляется следующими путями:

1 – радиационным путем за счет поглощения солнечной радиации, излучения земной поверхности и других слоев атмосферы;

2- путем теплопроводности: молекулярной между воздухом и земной поверхностью и турбулентной внутри атмосферы;

3 – в результате процессов конвекции и испарения;

4 – в результате адвекции;

5 – адиабатически – при изменении атмосферного давления.

В основном воздух нагревается от земной поверхности. Поэтому, чем дальше от источника тепла, тем воздух холоднее, т.е. с высотой температура воздуха уменьшается. Если вверх поднимается сухой воздух, то температура его уменьшается с сухоадиабатическим градиентом $\gamma = 1^{\circ}/100\text{м}$, если влажный, то с влажноадиабатическим $\gamma = 0,7^{\circ}/100\text{м}$.

Явление обратного хода температуры воздуха с высотой называется *инверсией*. Инверсионные слои могут наблюдаться как у поверхности земли, так и быть приподнятыми. Они называются «запирающими слоями» и играют отрицательную роль в экологии крупных городов.

Суточный и годовой ход температуры воздуха в приземном слое обусловлен соответствующим ходом температуры деятельной поверхности. Особенности хода температуры воздуха определяются его экстремумами, т.е. наибольшими и наименьшими значениями температуры (максимум и минимум). Разность между этими значениями называют амплитудой хода температуры воздуха.

Поскольку воздух нагревается от деятельной поверхности, то наступление максимальных и минимальных значений температуры воздуха запаздывает по сравнению с температурой поверхности почвы. Так, максимальная температура воздуха наблюдается через 2-3 часа после полудня, а минимальная перед восходом солнца.

Большое влияние на амплитуду оказывает рельеф. В вогнутых формах рельефа экстремумы температуры выражены более резко по сравнению с равниной. Соответственно амплитуды суточного хода температуры в вогнутых формах рельефа больше, а над выпуклыми формами рельефа меньше, чем над равниной.

Особенности суточного хода температуры воздуха необходимо учитывать при размещении культурных растений, выбирая для наиболее теплолюбивых растений те формы рельефа, которые обуславливают меньшую амплитуду хода температуры воздуха и почвы и, следовательно, менее морозоопасны.

В годовом ходе температуры, в зависимости от величины амплитуды и времени наступления экстремальных температур выделяют 4 типа годового хода температуры

воздуха: экваториальный тип (А над сушей 5-10⁰), тропический (А над сушей 10-20⁰), тип умеренного пояса (А над сушей 50-60⁰) и полярный (А над сушей больше 65⁰).

4. Влияние температуры на растения

Температура почвы является одним из важнейших факторов жизни растений и почвенных организмов. Прорастание семян растений начинается только при прогревании почвы до определенных пределов. С ростом температуры скорость прорастания семян увеличивается, сокращается продолжительность межфазных периодов. Пониженные температуры наоборот задерживают рост подземных органов.

Зимой понижение температуры почвы на глубине узла кущения озимых ниже критических значений (-16-18⁰ для большинства сортов озимой пшеницы, -22-24⁰ для ржи) вызывает их вымерзание.

Отрицательно действует на растения и высокая температура почвы. Например, у картофеля при высокой температуре почвы происходит вырождение, что приводит к получению недоброкачественных клубней.

С температурным режимом почвы тесно связано распространение и вредоносность болезней и вредителей с/х культур. Например, при невысокой температуре проволочники поднимаются в верхние слои почвы и повреждают семена, молодые побеги и корни кукурузы. При повышении температуры они уходят в более глубокие слои почвы.

Большое влияние температура почвы оказывает на процесс поглощения растениями элементов минерального питания, т.е. на эффективность удобрений. Так, поступление в растения азота и фосфора при температуре почвы 5⁰ почти в 3 раза меньше, чем при температуре 20⁰. С повышением температуры усиливается жизнедеятельность микроорганизмов, использование азота и фосфора.

Приведенные примеры указывают на необходимость учета информации о температуре почвы для правильной оценки условий, в которых произрастают с/х растения.

При оценке температурного режима территории важно знать теплообеспеченность территории, которая оценивается суммой среднесуточных температур воздуха выше 10⁰. Они служат показателем обеспеченности теплом периода активной вегетации растений в умеренном поясе.

Для выражения потребности растений в тепле применяются суммы эффективных температур. Это суммы среднесуточных температур, отсчитанных от биологического минимума, при котором развиваются те или иные растения.

Температуры, не ускоряющие развитие растений, были названы балластными. Так при температуре выше 30⁰ скорость развития и прироста быстро замедляется, а затем наступает их угнетение и гибель. При жаркой сухой погоде в фазе налива происходят запал растений и захват зерна. Зерно получается щуплое, что резко снижает урожай и качество семян. Поэтому при подсчетах сумм эффективных температур необходимо вводить поправку на балластные температуры.

Температурные условия в значительной степени определяют состояние, поведение и продуктивность с/х животных.

Температурные пределы необходимо знать для размещения новых сортов и гибридов с/х культур.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется активной и эффективной температурой?
2. Какие факторы влияют на тепловой режим почвы?
3. Каковы закономерности распространения тепла в глубь почвы?
4. Каковы способы оптимизации температурного режима почвы?

5. Какие процессы влияют на изменение температуры воздуха?
6. Как изменяется температура воздуха с высотой? Что такое инверсия температуры?
7. Что такое биологический минимум, максимум и оптимум растений?
8. Как влияет температура на рост, развитие и формирование продуктивности растений?

Список литературы

Основная

3. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.
3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П, Андриященко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.
2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 4.

Влажность воздуха, осадки, снежный покров

1. Влажность воздуха и ее значение в жизни растений
2. Характеристики влажности воздуха
3. Испарение и конденсация водяного пара. Облака
4. Осадки
5. Снежный покров

1. Влажность воздуха и ее значение в жизни растений

Большое значение для леса имеет влажность воздуха, причем отрицательное влияние оказывают как низкие (ниже 30%), так и очень высокие (свыше 80%) значения относительной влажности.

В периоды с низкой относительной влажностью и высокими температурами воздуха (атмосферная засуха) резко увеличивается транспирация, что при недостаточном водоснабжении растений может привести к нарушению водного баланса. В такие периоды повышается и пожарная опасность.

Высокая влажность воздуха задерживает цветение растений, ухудшает условия опыления, созревания плодов и семян. Кроме того, она благоприятствует возникновению и развитию грибных и бактериальных болезней.

Влажность воздуха зависит, прежде всего, от того, сколько водяного пара попадает в атмосферу путем испарения в данном районе. Поэтому естественно ожидать, что над

океанами она будет больше, чем над материками. Кроме того, влажность воздуха в каждом районе будет зависеть от атмосферной циркуляции: какие воздушные массы – влажные или сухие приносятся чаще воздушными течениями. И, наконец, для каждой температуры существует некоторое предельное влагосодержание воздуха, которое не может быть превзойдено. Оно называется состоянием насыщения.

2. Характеристики влажности воздуха

Для количественного выражения содержания водяного пара в атмосфере употребляют следующие характеристики влажности воздуха:

1. **Упругость насыщения (E)** – это упругость или давление водяного пара в состоянии насыщения. Поскольку это давление, то единицей его измерения является гПа. Упругость насыщения растет с температурой. Это значит, что при более высокой температуре воздух способен содержать больше водяного пара, чем при более низкой температуре. Например, при $T=30^{\circ}$ воздух может содержать водяного пара в состоянии насыщения в 7 раз больше, чем при $T=0^{\circ}$.

2. **Упругость водяного пара "e"**. Другими словами - это парциальное давление, которое развивает водяной пар, находясь в смеси газов, составляющих атмосферу. Это основная и наиболее употребляемая характеристика влагосодержания, которую можно рассчитать по формуле

$$e = E' - A p (t - t')$$

e – упругость водяного пара; E' – упругость насыщения, определяемая по температуре смоченного термометра; A – коэффициент; p – атмосферное давление; t и t' – температура сухого и смоченного термометра соответственно.

3. **Относительная влажность воздуха "r"**. Это процентное отношение фактической упругости водяного пара к упругости насыщения при данной температуре. $r = e/E * 100\%$.

Относительная влажность выражает степень насыщения воздуха водяными парами. Как видно из формулы, при постоянном значении упругости водяного пара "e" относительная влажность "r" может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от температуры, определяющей величину максимальной упругости водяного пара "E". При этом с понижением температуры относительная влажность будет увеличиваться, а с повышением - уменьшаться.

4. **Дефицит влажности воздуха или недостаток насыщения "d"**, который представляет собой разность между упругостью насыщения при данной температуре "E" и фактической упругостью содержащегося в воздухе водяного пара "e": $d = E - e$ (гПа).

Заметим, что величина "E" зависит от температуры среды, а величина "e" от содержания в ней водяного пара. Таким образом, дефицит влажности является комплексной величиной, суммирующей температурную и влажностную характеристики среды, что придает этому показателю важные преимущества по сравнению с другими характеристиками влажности воздуха.

5. **Абсолютная влажность воздуха "a"** – это содержание массы водяного пара в единице объема, т.е. плотность водяного пара в $(г/м^3)$.

Между абсолютной влажностью воздуха "a" и упругостью водяного пара "e" существует определенное соотношение.

$$\text{Если "e" выразить в гПа, то } a = \frac{0.80 e}{1 + 0.004t}, \text{ г/м}^3$$

6. **Точка росы τ_d** , т.е. температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар мог бы насытить воздух. Точку росы определяют по таблице в зависимости от упругости

водяного пара. При $\gamma=100\%$ (при насыщении) точка росы равна фактической температуре воздуха.

3. Испарение и конденсация водяного пара. Облака

Испарением называется процесс перехода жидкого вещества в газообразное состояние. Количественно испарение характеризуется скоростью, которая выражается высотой слоя воды (в мм), испаряющейся за единицу времени. Слой воды высотой 1 мм, испарившийся с площади 1 м², соответствует массе воды в 1 кг. Интенсивность испарения зависит от температуры испаряющейся поверхности, дефицита влажности воздуха и скорости ветра. По мере увеличения температуры и усиления ветра скорость испарения будет возрастать.

Согласно закону Дальтона, скорость испарения прямо пропорциональна дефициту упругости водяного пара, вычисленному по температуре испаряющей поверхности и обратно пропорциональна атмосферному давлению:

$$V = A (E_1 - e)/P,$$

где V – скорость испарения, A – коэффициент, зависящий от скорости ветра, $E_1 - e$ – дефицит упругости водяного пара, гПа; P – атмосферное давление, гПа.

Скорость испарения зависит не только от метеорологических факторов, но и от свойств подстилающей поверхности.

Величина испарения с водной поверхности дает представление о потенциально возможном испарении в данной местности и называется ***испаряемостью***.

Скорость испарения с поверхности почвы, кроме ее температуры и влажности, зависит от физических свойств почвы, состояния поверхности, рельефа, растительного покрова. Ровная поверхность испаряет меньше, чем шероховатая, рыхлая меньше, чем плотная. На возвышенностях испарение больше за счет большей скорости ветра. Южные склоны испаряют больше, чем северные. Растительность, затеняя почву и ослабляя перемешивание воздуха, уменьшает испарение с поверхности почвы.

Испарение воды растениями называется ***транспирацией***.

Количество воды, необходимое растению для образования одной весовой единицы сухого вещества растительной массы, называется ***коэффициентом транспирации***.

Величина коэффициента зависит от вида растения, его сорта, фазы развития, состояния растения и внешней среды (атмосферы, почвы, солнечной радиации).

Конденсацией называется переход водяного пара в жидкое состояние. При определенных условиях водяной пар может сразу превращаться в твердое состояние. Этот процесс называется ***сублимацией***.

Для конденсации водяного пара на поверхности земли и других предметах достаточно, чтобы температура их была равна температуре точки росы. Продуктами конденсации в этом случае являются роса, иней и изморось. Для конденсации водяного пара в атмосфере, кроме охлаждения воздуха, необходимо присутствие ядер конденсации, на которых мог бы сгущаться водяной пар. Продуктами конденсации в этом случае являются туманы и облака, а также жидкие и твердые осадки, выпадающие из облаков.

Туманы – это скопление продуктов конденсации или сублимации водяного пара в воздухе непосредственно у земной поверхности. Основной причиной образования тумана является охлаждение нижних слоев воздуха под влиянием холодной подстилающей поверхности (радиационный туман) или адвекция теплого воздуха на охлажденную поверхность (адвективный туман).

Облака – это системы взвешенных в атмосфере (на некоторой высоте) продуктов конденсации и сублимации водяного пара. По составу их делят на 3 группы: 1) водяные, 2) ледяные или кристаллические и 3) смешанные.

Высоту, на которой водяной пар в поднимающемся воздухе становится насыщенным, называют уровнем конденсации. В воздухе, поднимающемся выше уровня конденсации, образуются продукты конденсации – облака.

Высота облаков и их строение связаны с высотой уровня конденсации, уровня нулевой изотермы, уровня замерзания и уровня конвекции. Уровень конденсации обычно совпадает с нижней границей облаков. Между уровнем конденсации и уровнем нулевой изотермы облака состоят из капель или тающих снежинок. Выше, до уровня замерзания, облака состоят из переохлажденных капель и снежинок, а выше этого уровня – из кристаллов льда. Верхняя граница облаков определяется уровнем конвекции. К внутримассовым облакам относятся слоистые, а также некоторые слоисто-кучевые и высоко-кучевые облака, возникающие в связи с охлаждением воздуха от подстилающей поверхности, с динамической турбулентностью и волновыми движениями на поверхности слоя инверсии.

Основным процессом образования фронтальных облаков является восходящее натекание массы теплого воздуха на массу более холодного воздуха.

Согласно международной классификации, облака делятся на 4 семейства и 10 родов (форм).

- I. Облака верхнего яруса (высота основания более 6 км)
 - 1) Cirrus (Ci) - перистые
 - 2) Cirrocumulus (Cc) – перисто-кучевые
 - 3) Cirrostratus (Cs) – перисто-слоистые
- II. Облака среднего яруса (высота основания от 2 до 6 км)
 - 4) Altcumulus (Ac) – высоко-кучевые
 - 5) Altostratus (As) высоко-слоистые
- III. Облака нижнего яруса (высота основания менее 2 км)
 - 6) Stratus (St) - слоистые
 - 7) Stratocumulus (Sc) – слоисто-кучевые
 - 8) Nimbostratus (Ns) – слоисто-дождевые
- IV. Облака вертикального развития (нижнее основание на высоте 0,5-1,5 км, а вершины могут достигать верхнего яруса)
 - 9) Cumulus (Cu) - кучевые
 - 10) Cumulonimbus (Cb) –кучево-дождевые

Степень покрытия неба облаками определяют глазомерно в баллах от 0 до 10. Высоту определяют глазомерно или инструментально с помощью прибора ИВО.

Основные осадки выпадают из слоисто-дождевых и кучево-дождевых облаков.

4. Осадки

Осадки являются основным источником влаги в почве и играют важную роль в жизни растений.

По форме осадки, выпадающие из облаков, делятся на твердые, жидкие и смешанные. Твердые - это снег, снежные зерна, снежная крупа, ледяная крупа, ледяной дождь, град. Жидкие - дождь и морось. Смешанные - мокрый снег, снег с дождем.

В зависимости от физических условий образования и по характеру выпадения осадки подразделяются на обложные, ливневые и морозящие.

Обложные осадки - это продолжительные, выпадающие одновременно на больших площадях осадки средней интенсивности. Время их выпадения колеблется от нескольких часов до десятков часов. В умеренных широтах они дают большую часть в годовой сумме осадков.

Ливневые осадки выпадают в виде дождя, снега, крупы и града. Отличаются внезапностью начала и конца выпадения, как правило большой интенсивностью и малой продолжительностью. Нередко сопровождаются грозами и шквалами.

Моросящие осадки - морось, снежные зерна или мельчайшие снежинки. Характеризуются очень слабой интенсивностью выпадения и малым количеством осадков.

Количество осадков определяется слоем воды, который образовался бы на ровной поверхности при условии, если бы вода не стекала с нее, не просачивалась в почву и не испарялась. Толщину этого слоя выражают в мм.

Суточный и годовой ход осадков

Суточный ход осадков на суше разделяется на 2 типа: континентальный и береговой. В континентальном типе наблюдаются 2 максимума и 2 минимума осадков. Главный максимум приходится на послеполуденные часы (14-16 часов), когда наиболее развиты облака конвекции; вторичный - рано утром, когда сильнее всего развиты слоистые облака, связанные с ночным охлаждением. Минимумы отмечаются после полуночи и перед полуднем. В береговом типе максимум приходится на ночь и утро, минимум - на послеполуденные часы.

Годовой ход осадков зависит от особенностей общей циркуляции атмосферы и от местных физико-географических условий. Он разделяется на 4 типа: экваториальный, тропический, субтропический и тип умеренных широт.

Экваториальный тип характеризуется очень большим количеством осадков (в среднем по зоне около 2000 мм в год). Здесь наблюдаются 2 максимума в периоды весеннего и осеннего равноденствий, когда полуденные высоты солнца наибольшие и сильнее всего развита конвекция, и 2 минимума - после летнего и зимнего солнцестояний.

В тропическом типе наблюдается дождливый сезон на протяжении 4-х летних месяцев и сухой сезон - в остальное время года. Такое распределение осадков связано в основном с особенностями муссонной циркуляции.

Для субтропического типа характерно очень малое количество осадков, особенно летом, что обусловлено влиянием субтропических антициклонов.

В типе умеренных широт внутригодовое распределение осадков обусловлено особенностями циклонической деятельности и годовым ходом облаков конвекции. Над континентами максимум осадков приходится на лето, минимум - на зиму. Летний максимум связан с выпадением ливневых осадков из облаков конвекции. В умеренных широтах больше всего осадков выпадает на западных частях континента, находящихся под сильным влиянием циклонов, и на восточных побережьях, подверженных влиянию муссонов.

4. Снежный покров

Зимой в умеренных и высоких широтах осадки выпадают преимущественно в виде снега. В результате этого на поверхности земли устанавливается снежный покров. В силу своих физических свойств он обладает слабой теплопроводностью, благодаря чему почва, покрытая снегом, защищена от резких колебаний температуры, а зимующие культуры - от вредного воздействия низких температур.

Снежный покров аккумулирует осадки холодного периода и весной при таянии снега дает много воды, значительная часть которой проникает в почву.

Высота снежного покрова измеряется с помощью постоянных снегомерных реек, устанавливаемых на постоянных участках, и переносных снегомерных реек, применяемых при снегомерных съемках. Кроме высоты снежного покрова при снегомерной съемке с помощью весового снегомера определяется плотность снега. Зная высоту и плотность снега, можно легко определить запас содержащейся в нем воды в мм. Для этого надо увеличить в 10 раз произведение средней высоты и средней плотности снежного покрова. Плотность свежеснежавшего снега очень мала и составляет примерно 0.1г/см³. Под

действием собственной массы, ветра и оттепелей снег уплотняется и в конце зимы плотность его превышает 0.3г/см³. За зиму в снеге накапливаются большие запасы воды (до 200 мм и более).

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется влажностью воздуха?
2. Каковы количественные характеристики влажности воздуха?
3. Что такое испарение и испаряемость?
4. Что такое конденсация? Каковы продукты конденсации водяного пара?
5. Какие существуют виды и типы осадков?
6. Каково значение осадков для формирования урожая?
7. Каковы типы суточного и годового хода осадков?
8. Каково значение снежного покрова в сельском хозяйстве?

Список литературы

Основная

4. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.
3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П., Андрущенко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.
2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 5.

Влажность почвы и влагообеспеченность растений.

1. Почвенная влага и водный баланс почвы
2. Понятие продуктивной и непродуктивной влаги
3. Потребность растений во влаге и влагообеспеченность растений.
4. Динамика запасов продуктивной влаги. Понятие почвенной засухи.
5. Регулирование водного режима почвы

1. Почвенная влага и водный баланс почвы

Почвенная влага является главным источником водоснабжения растений. Она участвует в процессе фотосинтеза, обеспечивает терморегуляцию растений и снабжает их элементами минерального питания.

В отличие от чистой воды почвенная влага всегда является раствором и находится под воздействием сил, зависящих от размеров и формы почвенных пор, а также от природы почвенных частиц, что обуславливает неоднородность её физических и химических свойств и резкое отличие этих свойств от свойств обыкновенной воды.

Соответственно механизму удержания воды в почве выделяют 3 различные по физическим и химическим свойствам категории почвенной влаги: *связанную, капиллярную и гравитационную*.

Связанная вода удерживается адсорбционными силами на поверхности почвенных частиц и по своим физическим свойствам близка к твердому телу (неподвижна, не растворяет электролиты и не замерзает даже при очень низких температурах).

Капиллярная вода удерживается и перемещается в почве под действием капиллярных сил, возникающих на поверхности раздела вода-воздух за счет разности поверхностных давлений. Она способна перемещаться как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях и заполняет почвенные поры до тех пор, пока почва не достигнет состояния капиллярного насыщения.

Гравитационная вода находится вне влияния сорбционных и капиллярных сил и под действием силы тяжести просачивается вниз. По своим свойствам она практически не отличается от обычной воды.

Вследствие постоянного обмена между почвой, растениями и атмосферой содержание влаги в почве непрерывно изменяется. Совокупность всех колебаний содержания влаги в почве называют **режимом влажности почвы**. Он зависит от состава и свойств самой почвы – её гигроскопичности, водопроницаемости, влагоемкости и др., а также от климатических и погодных условий, рельефа, приемов обработки почвы, биологических особенностей культур и т.д.

Основным источником почвенной влаги в естественных условиях являются атмосферные осадки, а также влага, поступающая из грунтовых вод, за счет поверхностного и внутрипочвенного притока и конденсации влаги из атмосферы.

Совокупность всех величин прихода влаги в почву и расхода из неё называется **водным балансом почвы**. Водный баланс может быть составлен за любой промежуток времени: за период вегетации в целом, за тот или иной отрезок вегетации, отдельный сезон, год и т.д.

Полный водный баланс может быть представлен следующим уравнением:

$W_k - W_n = (O_c + ПГВ + ПП_r + ВПП_r + K) - (Ис + Тр + ОГВ + ПС + ВПС)$, где W_n и W_k – запасы влаги в почве на начало и конец периода, O_c – осадки, $ПГВ$ – приток из грунтовых вод, $ПП_r$ – поверхностный приток, $ВПП_r$ – внутрипочвенный приток, K – конденсация влаги из атмосферы (роса, туман); $Ис$ – испарение, $Тр$ – транспирация, $ОГВ$ – отток в грунтовые воды, $ПС$ – поверхностный сток, $ВПС$ – внутрипочвенный сток.

На практике для расчетов водного баланса обычно используется упрощенное уравнение, включающее основные элементы. По этому уравнению рассчитывают суммарное испарение:

$$Ис = W_n - W_k + O_c$$

2. Понятие продуктивной и непродуктивной влаги

При отсутствии осадков почва в результате испарения с поверхности почвы и потребления растениями может иссушиться до такого состояния, при котором растения начинают увядать. Этот предел влажности почвы, при котором появляются необратимые признаки устойчивого завядания растений, даже если их поместить в темное помещение, в котором воздух близок к насыщению водяными парами, называется **влажностью завядания**.

Влажность устойчивого завядания зависит от механического состава почвы, количества гумуса и примерно соответствует всему количеству имеющейся в почве связанной воды.

Почвенную влагу сверх влажности устойчивого завядания, доступную для растений называют *продуктивной влагой*.

Часть почвенной влаги, которая удерживается почвой и не впитывается корнями, называют *непродуктивной влагой или мертвым запасом влаги*.

Количество продуктивной влаги в почве принято выражать в мм слоя воды, что позволяет сопоставлять ее запасы с расходами воды на испарение и с количеством выпадающих осадков.

Для расчета запасов продуктивной влажности почвы, выраженной в мм применяют следующую формулу

$$W_{пр} = 0,1 d (W - B_з) h, \text{ где}$$

$W_{пр}$ – запасы продуктивной влаги в почве (мм), d – объёмный вес почвы, $г/см^3$; W – влажность почвы в % от массы абсолютно сухой почвы; $B_з$ – влажность устойчивого завядания в % от абсолютно сухой почвы; h – толщина слоя почвы, см; $0,1$ – коэффициент для перевода запасов влаги в мм водяного слоя.

Таким образом, для определения запасов продуктивной влаги в почве необходимо располагать данными об объёмной весе данной почвы, влажности её устойчивого завядания и информацией о процентном содержании воды от массы абсолютно сухой почвы.

Объёмный вес и влажность устойчивого завядания почвы представляют собой агрогидрологические константы, которые определяются для каждого типа почвы, и если нет конкретной информации по данному полю, то их можно взять из справочника «Агрогидрологические свойства почвы».

Содержание влаги в % от абсолютно сухой почвы определяют *термостатно-весовым методом*. Для этого с помощью почвенного бура через каждые 10 см отбираются почвенные образцы, которые помещаются в алюминиевые стаканчики. Затем эти образцы доставляются в лабораторию, где они взвешиваются, высушиваются в термостате и снова взвешиваются, после чего разность веса влажной и абсолютно сухой почвы делится на вес абсолютно сухой почвы и определяется процентное содержание воды в почве.

3. Потребность растений во влаге и влагообеспеченность растений

Потребность растений во влаге зависит от погоды, фазы развития, мощности корневой системы и т.д.

Мерой потребности растений во влаге может служить величина транспирационного коэффициента, равного количеству воды, расходуемой путем транспирации на создание единицы сухого вещества.

Косвенным методом потребность растений во влаге определяют по величине испаряемости и рассчитывают по формуле $Z_0 = 0,4 * \sum d$. При этом считается, что зеленые растения испаряют влагу точно так же, как свободная водная поверхность, благодаря огромному количеству устьиц.

Влагообеспеченностью растений называют степень соответствия потребности растений во влаге имеющимся запасам продуктивной влаги в почве. Количественно ее рассчитывают как отношение имеющихся ресурсов влаги к потребности растений во влаге.

Общие ресурсы влаги рассчитывают по уравнению водного баланса:

$$Z = W_n - W_k + r, \text{ где}$$

Z – суммарное испарение, мм

W_n – начальные запасы продуктивной влаги в 0-100 см слое почвы;

W_k – конечные запасы влаги; r – сумма осадков за рассчитываемый период, мм.

Имея фактические данные по запасам продуктивной влаги в почве под яровой пшеницей, можно рассчитать показатель влагообеспеченности по методу Процера, как отношение суммарного испарения, рассчитываемого по методу водного баланса к величине максимально возможного испарения или испаряемости

$$V = \frac{Z}{Z_0} = \frac{W_k - W_n + r}{k * \sum d}$$

В формуле потребности растений во влаге коэффициент "k" до колошения равен 0.45, а после колошения 0.30.

В условиях жаркой засушливой погоды величина испарения на участках без мелиораций может составлять 3-5 мм в сутки, а в условиях орошения - до 10 мм за сутки. Необходимо отметить, что на испарение (транспирацию) растения расходуют в среднем свыше 95% всего количества поглощаемой ими воды.

Расчет показателя влагообеспеченности имеет очень важное практическое значение, т.к. с ним тесно связана величина урожая. В частности, на основе этого показателя составляются прогнозы урожайности яровой пшеницы. Кроме того, по данному показателю оценивается степень благоприятности сложившихся в период вегетации агрометеорологических условий.

Так, согласно данному показателю, условия вегетации считаются благоприятными, если влагообеспеченность вегетационного периода составляет 80-90% и более.

При $V = 60-70\%$ - условия оцениваются как средnezасушливые, а при $V = 40-50\%$ и менее – как сильнозасушливые

4. Динамика запасов продуктивной влаги. Понятие почвенной засухи.

Исследование закономерностей формирования почвенной влаги позволило выделить 4 преобладающих типа годового хода запасов продуктивной влаги в почве, которые соответствуют четырём агрогидрологическим зонам: обводнения, капиллярного увлажнения, *полного весеннего промачивания* и *слабого весеннего промачивания*.

Зона обводнения охватывает Прибалтику, север Белоруссии, северные районы ЕТР и таежные районы Западно-Сибирской низменности. Здесь в течение всего года в корнеобитаемом слое почвы имеется большое количество легкодоступной влаги. Наибольшее количество влаги наблюдается в конце зимы (до 300 мм). Весной избыток влаги с оттаиванием почвы уходит с поверхностным стоком и в грунтовые воды. Наименьшие запасы наблюдаются в июле и составляют 150 мм в метровом слое.

Зона капиллярного увлажнения расположена к югу. Здесь грунтовые воды достигают корнеобитаемого слоя почвы в период наивысшего стояния, а верхняя граница капиллярной каймы находится в этом слое почвы в течение всего года. Накопление влаги, также как и в зоне обводнения происходит в зимний период. Наименьшие запасы продуктивной влаги бывают в июле и составляют около 100 мм.

Зона полного капиллярного промачивания. Здесь грунтовые воды залегают глубоко. Максимальные влагозапасы наблюдаются весной – почва промачивается на глубину метрового слоя до наименьшей влагоемкости, что составляет от 170 до 200 мм. Минимальные запасы бывают в конце вегетации и составляют 50-100мм.

Зона слабого весеннего промачивания. Почва здесь даже весной промачивается на глубину менее 1 м. Наименьшие запасы наблюдаются осенью. В засушливые годы возможно полное иссушение почвы до глубины 50 см и ниже.

Вегетационный период характеризуется огромным расходом запасов почвенной влаги на испарение и транспирацию, которые обычно не компенсируются поступлением влаги за счет осадков и капиллярного подтока.

Скорость расходования влаги в течении периода вегетации сильно меняется, причем в каждой зоне и под каждой культурой по своему.

В районах глубокого стояния грунтовых вод, где капиллярный подток отсутствует (Безенчук, Саратов), наибольшие расходы влаги происходят путем транспирации и достигают максимальных значений в репродуктивный период, особенно в период выход в трубку – цветение, когда корневая система и надземная масса достигают своей максимальной мощности.

Для зерновых культур в начальный период роста (от посева до кущения) определяющее значение имеют запасы продуктивной влаги в верхнем пахотном слое почвы 0-20см. Оптимальными в этот период считаются запасы продуктивной влаги около 30 мм. При запасах влаги менее 5 мм всходя зерновых совсем не появляются. Декада с запасами влаги менее 20 мм считается засушливой и обуславливает ухудшение состояния растений. При снижении запасов влаги до 10 мм наблюдается резкое ухудшение состояния растений и начинается почвенная засуха.

10 мм - соответствует влажности завядания.

В период после выхода в трубку и до восковой спелости оцениваются запасы метрового слоя почвы.

В фазу колошения оптимальным считается увлажнение = 80 мм. Если запасы становятся ниже этого предела, то они оцениваются как недостаточные для полноценного налива зерна. При запасах менее 60 мм декада считается сухой.

В фазу молочной спелости оптимальным считается увлажнение 50-60 мм, если влажность почвы понижается до 25 мм и менее, то декада считается сухой, а дефицит почвенной влаги вызывает шуплость зерна.

Почвенная засуха

Засуха – это сложное явление, которое возникает при таком сочетании недостатка осадков и повышенной испаряемости, которое вызывает резкое несоответствие между потребностью растений во влаге и ее поступлением из почвы, в результате чего заметно снижается урожай с/х культур.

В условиях длительного отсутствия осадков сначала возникает атмосферная засуха, характеризующаяся очень низкой относительной влажностью воздуха и высокими значениями дефицита влажности воздуха.

Почвенная засуха является следствием атмосферной засухи и характеризуется отсутствием в почве физиологически доступной растениям влаги.

Согласно существующим критериям оценки интенсивности почвенных засух по запасам продуктивной влаги в почве, 2-3 сухие декады подряд являются признаком засухи средней интенсивности, 4-5 сухих декад подряд свидетельствуют о почвенной засухе сильной интенсивности.

5. Приемы регулирования водного режима почвы

Основными методами регулирования водного режима почвы являются орошение, осушение, полезащитное лесоразведение, снежные мелиорации, сохранение чистых паров и соответствующие приемы обработки почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое продуктивная и непродуктивная влага?
2. Каким методом определяют запасы продуктивной влаги в почве?
3. Как определяют потребность растений во влаге?
4. Что такое влагообеспеченность растений?

5. Какова динамика запасов продуктивной влаги в период вегетации растений?
6. Что такое почвенная засуха?
7. Каковы приемы регулирования водного режима почв?

Список литературы

Основная

5. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.
3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П, Андрущенко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.
2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 6.

Погода, ее изменение и прогноз.

1. Воздушные массы и их классификация.
2. Атмосферные фронты
3. Образование и эволюция циклонов и антициклонов
4. Прогнозы погоды

1. Воздушные массы и их классификация

Погодой называется физическое состояние атмосферы над данной территорией в определенный момент или промежуток времени.

Физическое состояние атмосферы непрерывно изменяется во времени и в пространстве. Эти изменения носят периодический и непериодический характер.

Периодические изменения погоды вызываются суточным и годовым ходом отдельных метеорологических элементов, обусловленных вращением Земли вокруг своей оси и обращением ее вокруг Солнца.

Непериодические изменения погоды носят более резкий характер и связаны с процессами общей циркуляции атмосферы: со сменой воздушных масс, с прохождением разделяющих их фронтов, с образованием, перемещением и эволюцией циклонов и антициклонов.

Воздушной массой называется громадный объем воздуха, обладающий сравнительно однородными физическими свойствами и движущийся как одно целое. Горизонтальная ее протяженность может составлять несколько тысяч км, а вертикальная мощность - от нескольких сот метров до 9-11 км (т.е. до верхней границы тропосферы).

Воздушная масса считается полностью сформировавшейся над данной территорией, если температура ее во времени (от суток к суткам) перестает изменяться. Необходимыми условиями для формирования воздушной массы являются наличие однородной подстилающей поверхности и длительное пребывание её в данном районе. В этом случае воздушная масса приобретает температуру и другие физические свойства, характерные для условий погоды в районе формирования в данный сезон, существенно отличающиеся от свойств воздушной массы, формирующейся в других географических районах. Например, зимой в умеренных широтах над большими материками формируются холодные и сухие воздушные массы, над океанами - теплые и влажные.

Под влиянием циркуляционных процессов воздушная масса перемещается, принося свои свойства на другую территорию и меняя там ранее установившуюся погоду.

Классификация воздушных масс

Воздушные массы классифицируют по термическому и географическому признакам. По термическому признаку выделяют теплые, холодные и нейтральные воздушные массы.

По географическому положению очагов формирования воздушные массы делятся на 4 типа: арктический или антарктический воздух (АВ); воздух умеренных широт (УВ); тропический (ТВ) и экваториальный (ЭВ).

Каждый из этих типов воздушных масс, кроме экваториального, делится на морской и континентальный воздух.

Различные по своим свойствам воздушные массы находятся в постоянном движении. Морские воздушные массы могут проникать в восточном направлении до нескольких тысяч км, к западу на 300-1000 км, дальше они трансформируются, превращаясь в континентальные воздушные массы.

2. Атмосферные фронты

Атмосферным фронтом называется зона раздела между двумя различными воздушными массами. Температурные градиенты в зоне фронта достигают $4-5^{\circ}$. Ширина фронтальных зон у земной поверхности составляет не более 100 км, длина - несколько тысяч км. Вверх фронтальные слои прослеживаются вплоть до стратосферы, в этих слоях они называются высотными фронтальными зонами (ВФЗ).

Главной причиной образования фронтов являются условия атмосферной циркуляции, при которых происходит сближение двух резко различающихся по температуре и другим физическим свойствам воздушных масс, например сухих и холодных с влажными и теплыми.

С прохождением фронтов связаны наиболее резкие неперіодические изменения погоды, выпадение большого количества осадков, сильные ветры и многие катастрофические явления погоды. При этом погода в районе фронта и после его прохождения зависит от типа этого фронта и характера встречи воздушных масс.

Теплые фронты образуются в том случае, когда масса теплого и обычно влажного воздуха натекает на клин относительно холодного воздуха и вытесняет его, захватывая новые пространства.

При формировании теплого фронта на значительной территории наблюдаются определенные условия погоды. В связи с восходящим движением теплого воздуха вдоль фронта развивается мощный облачный покров, из которого выпадают осадки. Приближению теплого фронта предшествует постепенное понижение атмосферного давления. Затем последовательно появляются перистые и перисто-слоистые облака, сменяющиеся высококучевыми и высокослоистыми. Постепенно облака закрывают все небо, температура несколько повышается, давление быстро падает и перед самым фронтом появляются слоисто-кучевые и слоисто-дождевые облака, из которых выпадают осадки. Перистые облака появляются в западной части горизонта обычно за 3 суток до

начала дождя. С теплыми фронтами связаны широкие зоны выпадения осадков, которые могут продолжаться 10-12 часов, а иногда и несколько суток.

Холодный фронт образуется тогда, когда северные ветры приносят холодный воздух в область ранее занятую теплым воздухом. При этом более холодный и потому более плотный воздух клином подтекает под теплый воздух, вытесняя его в сторону и вверх. На холодном фронте преобладают кучевообразные облака и выпадают ливневые осадки, часто с грозой и градом. Приближение холодного фронта отмечается понижением давления. После того, как он пройдет, давление растет, а температура падает. Скорость ветра перед ХФ увеличивается, а направление его после прохождения фронта сменяется с ЮЗ на СЗ. Через 12-24 часа после прохождения фронта небо проясняется.

Относительно земной поверхности фронты перемещаются со скоростями от 30-40 до 80-100 км/ч и за сутки могут переместиться на расстояние более 1000 км. Когда теплый или холодный фронт застаивается в каком-либо районе, то образуются так называемые стационарные фронты. Они могут оставаться неподвижными в течение нескольких суток. В дальнейшем они могут снова начать двигаться или контраст температур постепенно уменьшается и фронт размывается. Иногда происходит окклюзирование фронта. Фронты окклюзии являются следствием наложения одного фронта на другой ранее образовавшийся. При этом теплый воздух вытесняется вверх и отрывается от земной поверхности, а у земли фронт перемещается под влиянием двух холодных воздушных масс.

. В зависимости от того, какие воздушные массы разделяют атмосферные фронты, они делятся на арктические, полярные и тропические.

Изменения погоды, вызываемые фронтами, тесно связаны с развитием циклонов и антициклонов, которые на них образуются и вместе с которыми они перемещаются.

3. Образование и эволюция циклонов и антициклонов

Волновая теория циклонов, которая объясняла взаимодействие встречающихся воздушных масс, была разработана крупным норвежским ученым Бьёркнесом и явилась одним из первых открытий XX века в науке о погоде нашей планеты.

Суть этой теории заключается в следующем. Когда теплый воздух движется на север, а холодный на юг, между ними образуется пограничная область (линия). На линии встречи двух воздушных масс возникают волны. ТВ образует длинный воздушный язык, вклинивающийся в область, занятую ХВ, возникает возмущение в виде волны, в которой обе воздушные массы начинают вращаться вокруг друг друга, в результате чего вершина волны становится всё более заметной. Атмосферное давление в вершине постепенно понижается, а пространство, занятое волной, расширяется. Теплый воздух при этом постепенно вытесняется вверх, а холодный продолжает перемещаться к югу.

Одновременно с образованием волны создается теплый фронт вдоль восточной границы теплого языка и холодный фронт вдоль западной его границы; в верхней же, северной части теплого языка движение воздуха начинает принимать циклонический характер.

Таким образом, вследствие волнового возмущения на поверхности раздела образуется типичный циклон с теплым сектором, ограниченным с востока теплым, с запада холодным фронтами.

Если мы находимся в передней части циклона, следует ожидать изменение погоды, связанное с прохождением теплого фронта – натекание облачности и обложные осадки. Затем мы попадаем в теплый сектор с соответственно теплой погодой. Потом следует ожидать прохождения холодного фронта со всеми вытекающими последствиями. За холодным фронтом располагается так называемый “тыл циклона” с достаточно прохладной, а иногда и очень холодной погодой.

При дальнейшем развитии циклона теплый сектор его постепенно сужается, фронты сближаются и, наконец, сливаются. Наступает так называемая стадия окклюзии циклона. С момента окклюзии циклон начинает ослабевать и, наконец, затухает.

Обычно на фронте образуется не одна волна, а ряд волн, дающих начало серии циклонов, состоящей из 4-х и более циклонов, формирующихся один за другим. В течение года в Европу со стороны Атлантики приходит в среднем около 60 серий циклонов.

Антициклоны образуются в тылу циклонов, куда проникают холодные массы воздуха. Сначала здесь образуется гребень высокого давления, перемещающийся вместе с циклонами, между которыми он располагается. Затем в нем появляется антициклональная циркуляция воздуха, возникают нисходящие движения и образуются замкнутые изобары. После этого движение антициклона замедляется, и он постепенно превращается из подвижного в малоподвижный.

Зимой в умеренных широтах над охлажденными материками создаются обширные стационарные антициклоны. Особенно мощный антициклон возникает зимой в Сибири – Азиатский максимум. Обширные стационарные антициклоны создаются в субтропических широтах океанов (в северном полушарии Азорский и Гавайский). Кроме антициклонов формируются и постоянно действующие минимумы – Исландский минимум и Алеутская депрессия. Они носят название постоянных центров действия атмосферы.

Циклоны и антициклоны играют большую роль в осуществлении атмосферной циркуляции. С ними тесно связан перенос воздуха умеренных широт в низкие широты, где он преобразуется в тропический воздух. Тропический воздух из низких широт проникает в высокие широты, где превращается в воздух умеренных широт.

Таким образом, благодаря циклонам и антициклонам, совершается обмен воздушными массами высоких и низких широт, приводящий к теплообмену и влагообмену между ними.

4. Прогнозы погоды

Хозяйственная деятельность человека в любой отрасли народного хозяйства зависит от погоды. Особенно это касается с/х производства, которое отличается от других сфер производства чрезвычайно сильной зависимостью от погодных условий, недаром его называют цехом под открытым небом. Правильный учет погодных условий позволяет получить максимальный экономический эффект и свести к минимуму ущерб от неблагоприятных явлений погоды.

Прогнозы подразделяются на краткосрочные (сутки - трое суток), долгосрочные (месяц) и сверхдолгосрочные - на сезон.

При краткосрочном прогнозировании используется в основном синоптический метод, базирующийся на составлении синоптических карт регионов и на их последующем анализе. Синоптические карты составляются по данным наблюдений метеорологических станций за определенный срок наблюдений, которые в зашифрованном виде передаются в центры службы погоды. Вся эта информация о температуре, атмосферном давлении, осадках, высоте облаков, скорости и направлении ветра цифрами и условными знаками наносится на синоптическую карту, которые составляются 4 раза в сутки. Затем эти карты подвергают обработке: проводят изобары, выявляют расположение барических систем и их центров, расположение атмосферных фронтов, выделяются зоны облачности и осадков. Обработанная синоптическая карта дает представление о фактической погоде на больших площадях земного шара. Кроме приземных карт составляются также и карты для разных высот в атмосфере (высотные карты).

Сопоставление вновь составленных синоптических карт с предыдущими картами и дает возможность проследить перемещение и эволюцию циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов и с той или иной вероятностью наметить пути и скорости их

перемещения на ближайшее время. С учетом этого и делается заключение об ожидаемой погоде в рассматриваемом районе. Краткосрочный прогноз погоды составляется также 4 раза в сутки на 18-36 часов.

Большое значение для анализа и прогноза погоды и повышения их качества имеет использование спутниковой информации и различных динамических или численных методов.

В настоящее время оправдываемость краткосрочных прогнозов достаточно велика и составляет 80-90%.

В отличие от краткосрочных прогнозов, проблема долгосрочных прогнозов погоды остается чрезвычайно сложной и нерешенной. Наибольшее распространение из множества испытанных методов получил прием подбора аналогов, предполагающий, что если предыдущие условия погоды в текущем году сходны с погодой года-аналога, то и последующее развитие погоды будет сходным, а следовательно, и погода в будущем окажется примерно такой же как в году-аналоге. Однако метод этот не свободен от грубых ошибок и оправдываемость долгосрочных прогнозов в среднем составляет около 70%.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое погода? С чем связаны периодические и непериодические изменения погоды?
2. Что такое воздушные массы?
3. Какова классификация воздушных масс?
4. Что такое атмосферный фронт?
5. Каковы признаки приближения фронта?
6. Что такое фронт окклюзии?
7. Что такое циклоны и антициклоны? Какую погоду определяют они зимой и летом?
8. Что такое синоптическая карта?
9. Каковы основные методы составления краткосрочных прогнозов погоды?
10. Какими методами составляются долгосрочные прогнозы погоды?

Список литературы

Основная

6. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.
3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П., Андриющенко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.
2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 7.

Неблагоприятные для сельского хозяйства метеорологические явления и меры борьбы

1. Засухи и суховеи
2. Пыльные бури. Сильный ветер.
3. Град. Сильные ливни
4. Заморозки
5. Неблагоприятные явления погоды зимой

К числу неблагоприятных для сельского и лесного хозяйства явлений погоды относятся: засухи, суховеи, пыльные бури, заморозки, градобития, сильные ливни, длительные осадки и переувлажнение почвы в период уборки урожая, а в зимний период – сильные морозы, бесснежье или высокий снежный покров, ледяные корки и др.

Наиболее серьезную опасность для сельского хозяйства представляют засухи, которые могут вызывать катастрофическое снижение урожайности всех сельскохозяйственных культур, деградацию лугов, почвы, падеж скота и т.д., нанося огромный ущерб современному сельскому хозяйству.

1. Засухи и суховеи

Засуха – это явление в почве и атмосфере, которое возникает при длительном отсутствии осадков, высоких температурах воздуха в сочетании с большой испаряемостью, в результате чего нарушается водный баланс и растения резко снижают свою продуктивность.

Засуха представляет особую опасность, если она сочетается с неблагоприятными условиями предшествующей осени и зимы (сухая осень, малоснежная зима, глубокое промерзание почвы и т.д.).

Различают *почвенную засуху*, характеризующуюся отсутствием физиологически доступной растениям влаги в почве, и *атмосферную засуху*, обуславливающую сильную транспирацию растений и испарение с поверхности почвы и воды. Когда оба эти явления наблюдаются одновременно, то говорят об *общей засухе*.

По интенсивности различают слабые, средние, сильные и очень сильные засухи. Для количественной характеристики засух используют различные показатели. Широко распространен критерий засухи по величине гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова, представляющего собой отношение количества выпавших за вегетационный период осадков к 0,1 суммы температур воздуха за тот же период. Критерии ГТК следующие:

- $ГТК \leq 0,3$ соответствует очень сильной засухе, вызывающей снижение урожая более чем на 50%;
- $ГТК = 0,4-0,5$ соответствует сильной засухе, вызывающей падение урожая на 30-50%;
- $ГТК = 0,6-0,7$ соответствует средней засухе и вызывает снижение урожая на 20-30%.
- $ГТК = 0,8-0,9$ соответствует слабой засухе, вызывающей снижение урожая на 10-20%.

Наиболее надежным показателем почвенной засухи являются данные о влажности почвы. Так, М.С. Кулик критерием засушливости принимает иссушение пахотного и метрового слоя почвы. Декады, в которых запасы влаги в пахотном слое составляют менее

20 мм, относятся к засушливым, а менее 10 мм – к сухим и свидетельствуют о начале засухи.

По времени наступления различают *весеннюю, летнюю и осеннюю* засухи. В наиболее засушливые годы засухи охватывают два и даже три сезона или же засуха, начавшаяся весной, продолжается до глубокой осени и в этом случае она называется *устойчивой засухой*.

Весенняя засуха совпадает по времени с первыми этапами роста и развития зерновых культур. Особенно опасна для растений продолжительная весенняя засуха, развившаяся на фоне недостатка влаги в осенний и зимний периоды.

Летняя засуха наблюдается обычно в то время, когда у зерновых культур происходят процессы закладки и формирования цветков – важнейших элементов продуктивности. Поэтому засушливость летних месяцев резко снижает урожай.

Осенняя засуха задерживает прорастание озимых, замедляет осеннюю вегетацию, снижает морозостойкость растений.

Засухи часто сопровождаются – *суховеями*, что усиливает их вредное действие на растения. Под суховеем в общем смысле понимают ветер, при котором высокая температура воздуха сочетается с низкой относительной влажностью воздуха и большим дефицитом упругости водяного пара. В агрометеорологической практике суховеем обычно считают ветер скоростью более 5 м/с, при котором хотя бы в один срок наблюдений относительная влажность уменьшилась до 30% и ниже, температура воздуха повысилась до 25⁰ и выше, а дефицит упругости водяного пара составлял не менее 20 мб.

Суховеи в период образования цветков приводят к недоразвитию части цветков, в результате чего сильно сокращается число зерен в колосе. При цветении суховеи вызывают гибель цветков, приводят к преждевременному высыханию зерна и его щуплости.

Способы защиты от засух: орошение, полезащитное лесоразведение, влагосберегающие способы обработки почвы, правильный подбор засухоустойчивых культур, снегозадержание.

Прогноз: метод цикличности и подбора годов-аналогов.

2. Пыльные бури. Сильный ветер

Продолжительные весенние засухи нередко приводят к возникновению пыльных бурь. Это сильные ветры со скоростью более 10 м/с, несущие большое количество пыли и разрушающие поверхностный слой почвы, незащищенной растительностью. Наибольшее развитие они получают в степной, полупустынной и пустынной зонах.

Комплекс факторов, при которых увеличивается вероятность возникновения пыльных бурь, включает иссушенность верхнего слоя почвы, отсутствие растительного покрова на полях и низкая (менее 50%) относительная влажность воздуха.

Наибольшая повторяемость пыльных бурь отмечается весной и летом.

Наиболее сильному выдуванию подвержены легкие по механическому составу почвы (песчаные, супесчаные и легкосуглинистые). Обладая значительной рыхлостью, эти почвы свободно пропускают влагу в более глубокие слои, благодаря чему их поверхность быстро иссушается и подвергается воздействию даже не очень сильного ветра.

Противоэрозионная устойчивость почвы достигается рациональными приемами обработки, внесением минеральных и органических удобрений, травосеянием и т.д. Для защиты почвы от ветровой эрозии широко используется посадка древесно-кустарниковых форм в виде полос поперек господствующего направления ветра, внедрение почвозащитных севооборотов с посевами многолетних трав, полосное чередование многолетних и однолетних культур, применение химических средств, увеличивающих сцепление почвенных частиц и т.д.

Зональные почвозащитные мероприятия разрабатываются для каждой почвенно-климатической зоны с учетом специфики климата и микроклимата, рельефа и типа почв, набора возделываемых культур и применяемой зональной системы земледелия.

Прогноз пыльных бурь сводится к прогнозу сильного ветра с учетом складывающейся обстановки по условиям увлажнения.

В лесу сильные ветры, особенно штормовые и ураганные (со скоростями более 18 м/с) могут вызвать поломку ветвей и стволов (бурелом), вывал деревьев вместе с корнями (ветровал), обрыв части корней при раскачивании деревьев. Нередко ветровалы и буреломы полностью уничтожают насаждения на больших площадях. Наиболее подвержены ветровалу чистые насаждения с поверхностной корневой системой (ельники, пихтарники, букняки) и насаждения, произрастающие на избыточно увлажненных почвах.

Для предупреждения ветровала важное значение имеет тщательное соблюдение при проведении рубок главного и промежуточного пользования лесоводственных правил, учитывающих влияние ветра.

3. Град. Сильные ливневые дожди

Значительный ущерб сельскому хозяйству могут нанести такие стихийные гидрометеорологические явления, как **град** и **сильные ливни**. Причем град нередко сильно повреждает посевы и насаждения или полностью уничтожает их. В большинстве случаев размер градин составляет 1-2 см, а максимальный диаметр градин достигает 6-8 см. Наиболее интенсивные и продолжительные градобития связаны с развитием сверхмощных градовых облаков, имеющих большую горизонтальную (30 км и более) и вертикальную (12 км и более) протяженность.

Град выпадает полосами. Часто ширина градовой полосы составляет 3-5 км, а длина 15-20 км. В отдельных случаях градобитием бывают охвачены площади шириной до 20 км и длиной 100-200 км. Продолжительность выпадения града в отдельном пункте колеблется от нескольких секунд до 1 ч, чаще всего она составляет 5-10 мин.

За критерий опасного гидрометеорологического явления принят град с диаметром не менее 7 мм в период цветения и созревания с/х культур, когда поврежденные им органы не могут быть восстановлены.

Ежегодно в мире размеры ущерба от градобитий составляют примерно 2 млрд. долларов. Поэтому во многих странах разрабатываются и применяются различные способы воздействий на градовые процессы с целью уменьшения ущерба от градобитий.

Основной метода активного воздействия на градовые облака является предотвращение процесса образования крупных градин путем засева градовых облаков льдообразующими реагентами, в качестве которого чаще используется йодистое серебро.

Для защиты с/х культур от градобитий применяются зенитные пушки или ракетные противоградовые комплексы. Обнаружив с помощью радиолокаторов зону градового очага, в нее доставляют реагент с помощью снарядов или ракет. Для проведения противоградовых работ организуются противоградовые отряды, каждый из которых обеспечивает защиту посевов от градобитий на площади около 100 тыс. га. Убытки от града на защищаемой территории уменьшаются на 50-70%.

Определенный ущерб сельскому хозяйству могут нанести сильные ливневые дожди, обычно охватывающие небольшую площадь и имеющие относительно случайное пространственно-временное распределение. Суточный максимум ливневых осадков в годовом ходе повсеместно приходится на теплый период.

Сильные ливневые дожди за сутки могут дать 80-100 мм осадков. В Саратове, например, 27 июня 1985 г. за сутки выпало 105 мм осадков. Естественно, что такое количество осадков не могло не иметь никаких последствий и обусловило значительное полегание посевов как озимых, так и яровых хлебов.

Часто сильные ливни вызывают полегание зерновых культур на 20-30% посевных площадей, а в отдельные годы – 80%. При полегании ухудшается налив зерна, затрудняется уборка и увеличиваются потери урожая. Кроме того, ливневые дожди или длительные осадки могут вызывать стекание и прорастание зерна, особенно полеглих хлебов, способствуют развитию болезней сельскохозяйственных культур. Из-за переувлажнения почвы также могут сложиться тяжелые условия для уборки зерновых и технических культур.

Сильные ливневые осадки не успевают проникнуть в почву, и большая их часть стекает, смывая верхние плодородные слои почвы со склонов и вызывая водную эрозию.

4. Заморозки

Заморозком называется понижение температуры воздуха или почвы до 0° и ниже на фоне положительных средних суточных температур воздуха. Особенно опасны поздние весенние и ранние осенние заморозки.

В вегетационный период они могут вызвать повреждение почек, молодых листьев, хвои и побегов (особенно у ели), а также цветков, завязей и всходов растений. При сильных повреждениях заморозками растения, особенно молодые, могут погибнуть. Для большинства древесных культур в начале периода вегетации опасны заморозки с температурами ниже $-3-4^{\circ}$.

По условиям образования заморозки разделяются на 3 типа: радиационные, адвективные и адвективно-радиационные.

Радиационные заморозки возникают вследствие охлаждения деятельной поверхности и прилегающих слоев воздуха из-за большого эффективного излучения. Они обычно образуются в тихую ясную погоду ночью, редко бывают сильными и с восходом Солнца быстро исчезают.

Адвективные заморозки образуются в результате вторжения холодных воздушных масс (обычно арктических воздушных масс). Они могут обусловить резкое и сильное понижение температуры воздуха, начаться в любое время суток и длиться непрерывно несколько суток подряд. Эти заморозки охватывают большие территории и мало зависят от местных условий.

Адвективно - радиационные заморозки возникают при адвекции холодного воздуха, охлаждение которого усиливается большим эффективным излучением. Наиболее сильными эти заморозки бывают ночью при ясной погоде. При радиационных и адвективно-радиационных заморозках всегда образуются приземные инверсии температуры.

Более сильными и частыми заморозки бывают в пониженных формах рельефа, куда скатывается более холодный воздух, а также над темными и рыхлыми почвами. Радиационные и адвективно-радиационные заморозки усиливаются в ясную погоду, при сухом воздухе и слабом ветре.

Опасность заморозков для культурных растений различна и зависит от вида, сорта и фазы развития растений, а также времени их наступления.

По степени устойчивости к заморозкам все полевые культуры делят на 5 групп (В.Н. Степанов):

- 1) наиболее устойчивые, выносящие кратковременные заморозки до $-7-10^{\circ}$ в начальные фазы развития (зерновые и зернобобовые культуры), в цветение уже $-1-2^{\circ}$;
- 2) устойчивые, выдерживающие в начале развития заморозки до $-5-7^{\circ}$ (лен, конопля);
- 3) среднеустойчивые, выдерживающие в фазе всходов заморозки $-3-4^{\circ}$ (соя, редис);

- 4) малоустойчивые, выносящие в начале вегетации до -2° (кукуруза, картофель, табак);
- 5) неустойчивые, теплолюбивые, повреждаются при $-0,5-1,5^{\circ}$ (гречиха, хлопчатник, бахчевые).

Организация работ по борьбе с заморозками в хозяйстве должна начинаться с обеспечения прогноза заморозка.

Продвижение холодной волны прослеживается синоптиками на синоптических картах и предупреждение о возможности наступления заморозка передается по радио обычно для обширной территории с интервалом ожидаемых минимальных температур $3-5^{\circ}$.

На всех метеостанциях, обслуживающих с/х производство, проводится уточнение прогноза с учетом местных условий, что позволяет рассчитать ожидаемую минимальную температуру с точностью до $1-2^{\circ}$.

Уточнение прогноза заморозка производится по специально разработанным формулам. Одной из наиболее распространенных формул для прогноза заморозков по наблюдениям в одной точке является формула Михалевского.

Расчет по этой формуле проводится на основании наблюдений в 13 часов и уточняется после 19 часов.

Формула Михалевского имеет вид: для определения минимальной температуры воздуха

$$T_{\min \text{ в-ха}} = T_1 - (T - T_1) * C \pm A$$

для определения минимальной температуры на поверхности почвы

$$T_{\min \text{ п-вы}} = T_1 - (T - T_1) * 2C \pm A, \text{ где}$$

T – температура по сухому термометру в 13 час; T_1 – температура по смоченному термометру в 13 час. C – коэф., зависящий от влажности воздуха в 13 час (берется из таблицы). A – поправка на облачность в 19 часов.

В 19 час в полученный результат вносится поправка на облачность. Если небо ясное, то значение надо понизить на 2° , при облачности от 4 до 7 баллов оно остается без изменений, при полной облачности расчет повышается на 2° .

Если расчетная величина получится ниже -2° , то надо ожидать заморозка, при значениях от -2 до 2° заморозок вероятен и при значениях выше 2° – маловероятен.

Для защиты растений от заморозков используют дымление, обильные поливы, мульчирование почвы, а также укрытие растений различными подручными материалами.

5. Неблагоприятные явления погоды зимой

В холодный период зимующие растения могут подвергаться влиянию таких неблагоприятных погодных явлений, как сильные морозы при малой высоте или отсутствии на полях снежного покрова, что способствует **вымерзанию** зимующих культур.

Хорошо подготовившиеся к зиме древесные растения умеренной зоны способны переносить без вреда довольно низкие температуры (до -50°), причем большинство из них требует для своего нормального развития определенного периода воздействия низких температур. Однако при очень сильных морозах некоторые древесные породы (особенно в молодом возрасте и экзоты) могут сильно повреждаться (обмерзают почки, побеги, а иногда растения вымерзают целиком). У многих древесных пород при резком понижении температуры происходит растрескивание ствола вдоль – образуются морозобойные трещины. Продолжительные и сильные оттепели в конце зимы могут вызвать пробуждение растений, но затем при последующих морозах – их гибель.

Промерзание почвы в зимний период является причиной выжимания молодых растений и разрыва корней у деревьев старшего возраста.

Критическая температура вымерзания хорошо развитых с осени озимых культур составляет -18-20⁰ на глубине узла кущения (3 см), плохо развитых - -15-17⁰..

Снежный покров для зимующих культур может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Мощный снежный покров, установившийся рано при слабом промерзании почвы также неблагоприятно сказывается на посевах, вызывая выпревание.

Выпревание растений происходит в результате длительного пребывания растений под высоким (более 30 см) снежным покровом при слабом промерзании почвы и ее температуре на глубине узла кущения растений, близкой к 0⁰. По данным физиологов при таких условиях растения быстро расходуют запасы питательных веществ на дыхание, истощаются и подвергаются грибковым заболеваниям, от которых погибают.

Процесс истощения растений продолжается 2-3 месяца и зависит от состояния растений осенью, степени их закаливания и температуры почвы на глубине узла кущения и на ее поверхности под снежным покровом.

Кроме выше перечисленных явлений к числу неблагоприятных в зимний период следует отнести ледяные корки, выпирание, выдувание и вымокание растений.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется засухой?
2. Каковы типы засух по времени наступления?
3. Как оценивается интенсивность засух?
4. Что называется суховеем?
5. Что такое пыльные бури? Каковы причины их образования?
6. Каковы меры борьбы с засухами?
7. Каковы меры защиты почвы от ветровой эрозии?
8. Что такое заморозки? Какие существуют типы заморозков по условиям образования?
9. Каковы способы прогноза заморозка?
10. Какой вред наносят сельскому хозяйству град и сильные ливни?
11. Какие неблагоприятные явления погоды особенно опасны зимой?

Список литературы

Основная

7. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.
3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П., Андрущенко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.
2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 8.

Климат и климатообразующие факторы. Методика оценки агроклиматических ресурсов территории и сельскохозяйственной продуктивности климата.

1. Основные факторы климатообразования.
2. Понятие о микроклимате, местном климате и фитоклимате.
3. Методика оценки агроклиматических ресурсов территории и сельскохозяйственной продуктивности климата.

1. Основные факторы климатообразования.

Климатом называется средний многолетний режим погоды на данной территории.

К числу основных климатообразующих факторов относятся **солнечная радиация, атмосферная циркуляция и подстилающая поверхность**. Под их совместным влиянием и происходит формирование климатов в различных местах земного шара.

Количество солнечной радиации, поступающей на поверхность Земли, и значения связанных с нею характеристик радиационного баланса, зависят от географической широты местности, которая определяет полуденную высоту солнца над горизонтом, продолжительность дня и ночи, а, следовательно, и приход-расход лучистой энергии Солнца. Кроме того, радиационный баланс зависит от характера и увлажнения подстилающей поверхности, определяющих величину альбедо и эффективного излучения.

Распределение годовых сумм радиации по земной поверхности носит зональный характер.

Наибольшее количество тепла от солнца получают экваториальная зона и тропические широты. В этих же районах отмечаются наибольшие величины радиационного баланса, благодаря чему в этих местах создаются жаркие тропические климаты.

Максимальный радиационный баланс на материках наблюдается в районах с небольшой облачностью и большой влажностью воздуха (экваториальная Африка, п-ов Индостан, устье р.Амазонки), на океанах - это тропические широты Атлантического и Тихого океанов, север Аравийского моря и Бенгальского залива.

Наименьшее количество тепла и наименьшие величины радиационного баланса отмечаются в полярных районах, расположенных у полюсов, что создает в этих местах суровые холодные климаты.

В среднем тропические широты получают за год солнечной радиации в 2,5 раза больше, чем полярные (200 и 80 ккал/см² год).

Вследствие различного нагревания широтных поясов земного шара, а также различий в нагревании и охлаждении земной и водной поверхностей, возникает **атмосферная циркуляция**, осуществляющая междуширотный обмен воздушных масс и выступающая также в качестве основного климатообразующего фактора.

Основные черты климата во многом определяются преобладающими формами циркуляции атмосферы. В районах, где преобладают циклоны, формируются мягкие климаты с большим количеством осадков, а там, где преобладают антициклоны, формируются суровые, сухие климаты.

Циркуляция атмосферы усложняет схему широтных изменений климата. На одной и той же широте, в силу циркуляционных различий на западных и восточных берегах материков, наблюдаются неодинаковые климатические условия: теплая зима Южной Франции и суровая зима Приуралья, сухое лето Сицилии и дождливое лето Японии и т.д.

Существенное влияние на климатообразование оказывает **подстилающая поверхность**. От характера подстилающей поверхности зависят физические свойства располагающихся над ней воздушных масс. Особенно существенное и различное влияние на климат оказывают два основных вида подстилающей поверхности: вода и суша, под действием которых создаются два типа климата: морской и континентальный.

Морской климат характеризуется небольшими годовыми амплитудами температуры воздуха и большим количеством осадков, *континентальный* - большими годовыми амплитудами температуры и уменьшением осадков и увеличением амплитуд по мере удаления от океанов вглубь материка.

Большое влияние на климат оказывают *морские течения*.

Теплые течения, направленные в высокие широты, например Гольфстрим, создают на омываемых ими берегах особый климат с очень теплой зимой и малой годовой амплитудой колебания температуры. Благодаря теплому течению Гольфстрим в Мурманске наблюдается такая же средняя месячная температура января, как в Волгограде, расположенном значительно южнее. На берегах, омываемых теплыми течениями, выпадает повышенное количество осадков, причем осадки часто сопровождаются грозами и бурями.

Холодные течения, направленные в сторону экватора, например, Лабрадорское или Калифорнийское, вызывают понижение температуры и частые туманы на омываемых ими берегах. Все холодные течения в большей или меньшей степени усиливают бездожде климата и играют немаловажную роль в образовании береговых пустынь.

Большое влияние на климат оказывает *рельеф*, особенно крупные его формы - горные хребты и высокие плоскогорья. В горной местности создается особый тип климата, носящий название горного климата. Горные хребты могут являться границей разделяющей области с различными климатическими условиями. Например, климат Закавказья благодаря Кавказскому хребту значительно отличается от климата Предкавказья. Кроме того, горные хребты могут изменять направление воздушных течений. Расположенные перпендикулярно к преобладающим влажным ветрам, они создают благоприятные условия для конденсации водяного пара. Ввиду этого на склонах, обращенных в сторону влажных ветров, осадков выпадает больше, чем на противоположных склонах.

Определенное влияние на климат оказывает *снежный и ледяной покров*. Различным будет влияние на климат обнаженной почвы и поверхности, покрытой растительностью. При этом травянистая растительность будет оказывать на климат иное влияние, чем лесная и т.д.

2. Понятие о микроклимате, местном климате и фитоклимате

Микроклимат – это климат небольшой территории, формирующийся под воздействием особенностей рельефа местности, освещенности, характера подстилающей поверхности (почвы, растительного покрова, близости водоема, застроек и т.п.). Все эти факторы определяют своеобразие радиационного баланса, режима температуры и влажности воздуха, почвы, скорости ветра и т.д. Различают микроклимат склонов, долин, лугов, лесных полян, лесов и т.д.

Наиболее отчетливо микроклиматические особенности прослеживаются в приземном слое воздуха (1,5-2,0 м) при ясной, безветренной погоде. В пасмурную, дождливую или ветреную погоду, а также с увеличением высоты эти различия сглаживаются.

Местный климат или *мезоклимат* выделяется в качестве промежуточного звена между макроклиматом больших территорий (регион, страна, зона, пояс) и микроклиматом, характеризующим приземный слой воздуха на ограниченной территории. Мезоклиматические особенности прослеживаются в слое воздуха от десятков до сотен

метров. Примером мезоклимата может быть климат города, где наблюдается более высокий температурный режим (на 4° выше, чем за городской чертой), другие величины радиационного баланса, большее количество облачности и осадков, свой режим ветра, меньшая вероятность заморозков и т.д. Основное влияние на формирование мезоклимата города оказывают его расположение на местности (в котловине, на возвышенности, на склонах и т.д.), общая планировка города, направление улиц по отношению к преобладающему ветровому потоку, уровень озеленения города и т.д. В пределах мезоклимата города нетрудно выделить микроклимат площадей, отдельных улиц, дворов, парков и т.п.

Фитоклимат – это микроклимат, формирующийся в среде обитания растений, например, в травостое, в кроне деревьев. Различают фитоклимат поля, древесно-кустарниковых насаждений, отдельных растительных формаций; иногда изучают фитоклимат отдельного растения, кроны дерева и т.д. Практически каждая с/х культура формирует свой фитоклимат, особенности которого будут меняться по мере роста и развития растений, за счет неодинаковой структуры растений, их плотности, высоты, облиственности и т.д. Наиболее отчетливо эти различия проявляются при сравнении орошаемых и неорошаемых полей.

3. Методика оценки агроклиматических ресурсов территории и сельскохозяйственной продуктивности климата

Методика оценки агроклиматических ресурсов складывается из расчета и оценки основных агроклиматических показателей, характеризующих термические ресурсы территории, условия увлажнения, условия перезимовки зимующих культур и общую сельскохозяйственную продуктивность климата.

Оценка термических ресурсов территории

Для оценки термических ресурсов территории используют следующие агроклиматические показатели: теплообеспеченность, среднюю температуру самого теплого месяца и продолжительность безморозного периода

Теплообеспеченность территории характеризуется суммой активных температур воздуха выше $+10^{\circ}$. Активной называют среднюю суточную температуру воздуха после ее перехода через биологический нуль развития данной культуры. Следовательно, для получения сумм активных температур за какой-либо период надо сложить все среднесуточные температуры выше биологического нуля за этот период. Разность между средней суточной температурой и биологическим нулем данной культуры называют эффективной температурой. При определении сумм эффективных температур из каждого значения средней суточной температуры расчетного периода вычитают величину биологического нуля, а затем суммируют полученные значения.

Средняя температура самого теплого месяца указывает на с/х значимость сумм температур. Так, например, сумма температур выше 10° одна и та же в Батуми (4400°) и Ташкенте (4300°), но средняя температура самого теплого месяца в Батуми 23° , а в Ташкенте 27° . Очевидно, что температурные условия Батуми и Ташкента будут определять совершенно разную их с/х возможность. Поэтому во всех агроклиматических расчетах наряду с суммами температур считается обязательным учет средних температур самого теплого месяца.

Использование имеющихся ресурсов тепла могут в значительной мере лимитировать весенние и осенние заморозки. Так, например, сумма температур выше 10° почти одна и та же для Ай-Петри в Крыму (1800°) и Тобольска в Сибири (1700°). Между тем, средняя продолжительность безморозного периода в Ай-Петри 147 дней, а в Тобольске - 99. Поэтому при оценке термических ресурсов необходимо учитывать среднюю продолжительность безморозного периода.

Продолжительность безморозного периода – это число дней от даты последнего заморозка весной до первого заморозка осенью.

Для более полной характеристики теплового режима территории обязательно приводятся средние и крайние даты прекращения заморозков весной и наступления их осенью, наименьшая и наибольшая продолжительность безморозного периода, указываются даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через различные пределы и продолжительность периодов с температурой выше этих пределов.

Оценка условий перезимовки с/х растений

Агроклиматическими показателями условий перезимовки растений являются средний из абсолютных минимумов температуры воздуха и почвы, сумма отрицательных температур воздуха и почвы ниже 0, -5 и -10⁰, а также средняя температура самого холодного месяца и данные о динамике высоты снежного покрова. В отдельных случаях используют так называемые снежно-температурные градиенты: отношение высоты снежного покрова к среднему из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха (Шульгин А.М.).

Оценка условий увлажнения

Агроклиматическими показателями условий увлажненности территории служат средние многолетние суммы осадков за различные периоды, а также различные комплексные показатели увлажненности, представляющие собой соотношение количества выпадающих осадков с испаряемостью.

Среднее многолетнее количество осадков в данном месте дает представление о том, что сумма осадков больше или меньше данной величины в данном месте имеет обеспеченность около 50%.

Однако оценка условий увлажнения вегетационного периода по количеству выпадающих осадков не может полностью удовлетворить познание агроклиматических ресурсов территории. Дело в том, что в различных районах может выпадать одинаковое количество осадков, но значение их может быть разным.

Так, например, на Кольском полуострове и в Узбекистане за год выпадает одинаковое количество осадков (350 мм). Между тем, на Кольском полуострове имеются болота и избыток влаги подавляет жизнедеятельность растений, а в Ташкенте требуется орошение, без которого земледелие не может иметь успеха.

Это объясняется тем, что на Кольском полуострове, где выпадает 350 мм осадков, испаряемость составляет 300 мм, а в Ташкенте притом же количестве осадков испаряемость более 1200 мм.

Поэтому при оценке ресурсов влаги той или иной территории важно оценить не только общее количество выпадающих осадков, но и соотношение их с испаряемостью.

Для климатологической оценки степени увлажнения различных районов существует множество различных показателей.

Среди комплексных показателей увлажненности территории наибольшее распространение получили 2 показателя: гидротермический коэффициент Г.Т.Селянинова (ГТК) и коэффициент годового увлажнения Д.И. Шашко (КУ).

ГТК рассчитывается как отношение суммы осадков за период с температурой более 10⁰ к 0.1 суммы температур за тот же период

$$\text{ГТК} = P / 0.1 \sum t.$$

По этой формуле ГТК можно рассчитать за период не менее месяца.

Согласно Селянинову ГТК=1 соответствует условиям лесостепи, ГТК<1 характеризует недостаточное увлажнение вегетационного периода или его подпериодов: ГТК=0.7 соответствует границе неустойчивого земледелия, ГТК=0.5 - границе полупустыни и ГТК=0.3 - границе пустыни. Удобство условного показателя увлажнения

Селянинова заключается в том, что из любого климатического справочника можно легко получить составные элементы формулы.

Показатель годового увлажнения Д.И.Шашко КУ, рассчитывается как отношение годовой суммы осадков к годовой сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха $KУ = P / \sum d$.

Комплексная оценка продуктивности климата

В качестве комплексной характеристики продуктивности (бонитета) климата обычно используют показатели, предложенные Сапожниковой С.А. и Д.И. Шашко.

Показатель Сапожниковой С.А. представляет собой отношение урожая к условной единице суммы тепла. $П = У / 0.01 \sum t > 10^0$, где У - урожай культуры.

Д.И.Шашко предложил рассчитывать биоклиматический потенциал по формуле БКП $= Kр(\sum t > 10^0 / 1000)$.

В этой формуле Кр - это коэффициент роста, зависящий от коэффициента годового увлажнения (КУ) и определяемый как отношение фактической урожайности к величине урожая при оптимальных условиях увлажнения. Т.е. фактически коэффициент роста характеризует влагообеспеченность территории и его можно определить по графику связи урожая со значениями показателя годового увлажнения (КУ).

$\sum t > 10^0$ – сумма температур, характеризующая теплообеспеченность территории;
 1000^0 - это сумма активных температур на северной границе полевого земледелия.

Оценка континентальности климата

Для определения континентальности климата используются различные формулы, в основу которых положена та или иная функция от годовой амплитуды температуры воздуха.

Например по Горчинскому $K = 1.7A / \sin$ широты

По Иванову $K = (A / 0.33 \varphi) * 100\%$

Показателями степени континентальности климата могут служить продолжительность весны и осени. Под ними понимают интервал времени в днях, ограниченный соответственно средними суточными температурами воздуха 5-15 и 15-5⁰. Чем континентальнее климат, тем более короткими оказываются весна и осень, что имеет большое значение для проведения многих полевых работ.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое климат? Каковы основные факторы климатообразования?
2. Что такое макро-, мезо- и микроклимат?
3. Что называют фитоклиматом?
4. Какова методика оценки агроклиматических ресурсов территории?
5. Как оцениваются термические ресурсы территории?
6. Как оцениваются ресурсы влаги?
7. Как оцениваются условия перезимовки растений?
8. Как оценивается биоклиматический потенциал территории?
9. Как оценивается континентальность климата?

Список литературы

Основная

8. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. - М.: Колос, 2001. - 302с.
2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.

3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П., Андрущенко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.

2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.

Лекция 9.

Агроклиматическое районирование территории и агрометеорологические прогнозы.

1. Методика агроклиматического районирования территории
2. Агроклиматические ресурсы и агроклиматическое районирование Саратовской области
3. Агрометеорологические прогнозы

1. Методика агроклиматического районирования территории

Агроклиматическое районирование - это деление территории по степени благоприятности условий различных ее частей для с/х-ва. Оно проводится по признаку сходства и различия климатических условий для с/х объектов.

Различают **общее и частное агроклиматическое районирование**. Общее предполагает деление территории с учетом интересов всех или большинства отраслей с/х-ва. Частное имеет в виду лишь группы культурных растений, отдельную культуру, экологические группы ее сортов, отдельные приемы агротехники, направление специализации производства с/х сырья и т.д.

Оба вида районирования проводятся применительно к различным территориям: всей земли, крупных географических районов, страны, области, административного района, отдельного хозяйства и его участков.

Для агроклиматического районирования необходимо: 1) изучить требования с/х-ва, его отдельных отраслей или объектов (культурных растений, сортов и т.д.) к климатическим условиям с выражением этих требований в виде агроклиматических показателей;

2) исследовать географическое распределение полученных агроклиматических показателей по территории.

После получения указанных показателей можно приступать к агроклиматическому районированию территории. Для этой цели необходимо изучить географическое распределение полученных агроклиматических показателей и составить комплексную агроклиматическую карту, на которой объединить районы со сходными климатическими условиями. Как правило агроклиматическое районирование проводят на основе таких агроклиматических показателей, как сумма температур выше $+10^0$, годовая сумма осадков, ГТК и т.д.. Составление карты завершает агроклиматическое районирование, которое должно служить основой для проведения различных мероприятий по проектированию систем ведения с/х производства.

2. Оценка агроклиматических ресурсов и агроклиматическое районирование Саратовской области

Климат Саратовской области отличается резкой континентальностью и суровостью. Эта особенность климата объясняется удаленностью территории от морских и океанических влияний. Для климата характерна холодная, малоснежная зима, короткая засушливая весна и сухое, жаркое лето.

Главной особенностью климата является частая повторяемость засух и суховеев. Повторяемость засушливых лет составляет в среднем 49%, т.е. практически каждый второй год в период вегетации растений отмечаются засушливые явления той или иной интенсивности.

Теплообеспеченность территории, определяемая суммой температур выше $+10^{\circ}$, изменяется от 2400° в северных и северо-западных районах до 3100° в крайних юго-восточных районах области, что позволяет возделывать большой набор сельскохозяйственных культур. Средняя температура самого теплого месяца – июля колеблется от $19,9^{\circ}$ на крайнем севере до $23,6^{\circ}$ на юге. Самые поздние заморозки весной бывают в первой декаде июня, самые ранние заморозки осенью в Правобережье – во второй, в Левобережье – в третьей декадах сентября. Продолжительность безморозного периода составляет 130-165 дней. Весной устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$, с которым связывают начало вегетационного периода, осуществляется во второй декаде апреля, а осенью – в середине октября. Активная вегетация растений, которую связывают с устойчивым переходом температуры через $+10^{\circ}$, начинается в конце апреля и заканчивается в конце сентября.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0° к отрицательным значениям осуществляется в первой декаде ноября. Средняя температура самого холодного месяца составляет $-10,6-13,2^{\circ}$, а сумма отрицательных температур изменяется от -1200 до -1400° .

Среднегодовое количество осадков изменяется по районам области от 500 до 310 мм, причем в основной период вегетации зерновых культур выпадает 25-30% этого количества. Разность между испаряемостью и имеющимися ресурсами влаги составляет от 400 до 600 мм. Коэффициент годового увлажнения Д.И. Шашко изменяется по территории области от 0,33 до 0,12, а гидротермический коэффициент Селянинова, характеризующий увлажненность теплого периода, от 1,0 в западных и северо-западных районах до 0,4 на крайнем юго-востоке.

По уровню увлажненности территория Саратовской области делится на 4 агроклиматических района:

1. Незначительно засушливый с ГТК $> 0,8$
2. Засушливый ГТК от 0,6 до 0,8
3. Очень засушливый ГТК от 0,4 до 0,6
4. Сухой с ГТК $\leq 0,4$.

По теплообеспеченности ($\sum t > 10^{\circ}$) территория области делится на следующие подрайоны:

- а) умеренно – теплый $< 2400^{\circ}$
- б) теплый $2400-2600^{\circ}$
- в) очень теплый $2600-2800^{\circ}$
- г) умеренно жаркий $2800-3000^{\circ}$
- д) жаркий $> 3000^{\circ}$.

3. Агрометеорологические прогнозы

Агрометеорологическим прогнозом называется предвидение важнейших агрометеорологических условий, оказывающих влияние на рост, развитие и формирование урожайности с/х культур.

Главная цель агрометеорологических прогнозов – способствовать наиболее полному и рациональному использованию почвенно-климатических и складывающихся агрометеорологических условий для повышения устойчивости и продуктивности с/х производства.

Различные виды агрометеорологических прогнозов можно разделить на 3 основные группы: 1 – прогнозы агрометеорологических условий. К этой группе прогнозов относятся прогнозы тепло и влагообеспеченности вегетационного периода, прогноз условий осенней вегетации и перезимовки озимых культур и т.д.; 2 – фенологические прогнозы или прогнозы сроков наступления основных фаз развития растений; 3 – прогнозы урожайности с/х культур и качества урожая.

Большинство методов агрометеорологических прогнозов основываются на свойствах значительной инерционности агрометеорологических процессов, необратимости реакций и консервативности свойств растений, когда исходные ситуации во многом определяют направленность будущих процессов.

К числу инерционных агрометеорологических факторов относятся запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, определяющие влагообеспеченность растений на какой-то период, суммы накопившихся температур воздуха и почвы, характеризующие энергетический потенциал, высота, густота и кустистость растений и т.д. Благодаря использованию в агрометеорологических прогнозах инерционных агрометеорологических факторов, их оправдываемость составляет 85-90%.

Факторы, от которых зависит рост и развитие растений, устанавливаются путем статистической обработки результатов агрометеорологических наблюдений с привлечением корреляционного и регрессионного анализов. В прогностических уравнениях эти показатели являются прогностическими предикторами.

Наиболее важными агрометеорологическими прогнозами являются прогнозы ожидаемой теплообеспеченности вегетационного периода и запасов продуктивной влаги в почве к началу весны, которые позволяют с достаточной заблаговременностью осуществить правильный подбор высеваемых культур и сортов, выбрать оптимальные способы предпосевной обработки почвы и сроки сева ранних и поздних яровых культур и т.д.

Метод прогноза теплообеспеченности вегетационного периода

Основным прогностическим предиктором в прогнозе ожидаемой теплообеспеченности вегетационного периода является дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^0$ весной, с которой связывают начало активной вегетации растений. При этом, чем раньше наблюдается данный переход, тем большая сумма тепла накопится.

Для расчета ожидаемой теплообеспеченности, которая оценивается по суммам температур воздуха за период с температурой выше $+10^0$, автор метода Ф.Ф. Давитая предложил следующую формулу: $\Sigma t_{>10^0} = A + a_1 D$, где «А» и «а₁» зависят от географической широты места; D- дата устойчивого перехода температуры через $+10^0$ весной, отсчитываемая от 1 апреля. Для условий Саратова $\Sigma t_{>10^0} = 3530 - 23,14D$.

Метод прогноза весенних запасов продуктивной влаги в почве

Основными факторами, определяющими величину весенних запасов продуктивной влаги в почве являются недостаток насыщения почвы влагой осенью и количество осадков, выпавших за холодный период года.

Для районов с устойчивой зимой изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за осенне-зимний период рассчитывают по формуле:

$$y = 0,112x + 0,56d - 20, \text{ где}$$

y – изменение запасов продуктивной влаги за осенне-зимний период, x – сумма осадков за период от последнего инструментального определения влажности почвы осенью до первого определения влажности почвы весной, d – недостаток насыщения почвы влагой осенью, рассчитываемый как разность между фактическими запасами влаги в почве осенью и НПВ. Чтобы определить ожидаемое весеннее увлажнение почвы, необходимо к осенним запасам прибавить полученное изменение “ y ”, т.е.

$$W \text{ весной} = W \text{ осенью} + y$$

Метод прогноза оптимальных режимов орошения

Возделыванию зерновых культур на орошаемых землях в настоящее время уделяется большое внимание, поскольку орошение способствует значительному повышению урожайности с/х культур в районах недостаточного увлажнения.

Главной особенностью климата этих районов, кроме общего дефицита осадков, является крайняя неравномерность их выпадения по годам и резкие колебания запасов влаги в почве ко времени сева и в период роста зерновых, что и определяет необходимость приспособления к ним режимов орошения. Иначе и при орошении трудно добиться получения из года в год устойчиво высоких урожаев и избежать засоления почв.

Исследованиями было установлено, что для получения высоких урожаев влажность почвы в корнеобитаемом слое должна поддерживаться в оптимальных пределах. Верхней границей увлажнения, при котором не нарушается аэрация почвы, считается величина НПВ, а нижней влажность почвы равная 60-70% НПВ.

Таким образом, практическое значение данного прогноза состоит в том, что он помогает создавать оптимальный режим влажности почвы для получения высоких урожаев.

Прогноз норм орошения яровых культур составляется ранней весной, как только становятся известными весенние запасы продуктивной влаги в почве. Прогноз норм орошения озимой пшеницы составляется осенью, перед ее севом, а затем уточняется.

Оросительные нормы N рассчитываются как разность между суммарными расходами влаги Q , обеспечивающими получение заданных урожаев, и суммарными расходами в естественных условиях увлажнения Q_1 : $N = Q - Q_1$.

Суммарные расходы влаги в естественных условиях увлажнения определяются Q_1 определяются как количество влаги, используемое посевами из метрового слоя почвы за период от посева до восковой спелости, плюс выпавшие за этот период осадки P : $Q_1 = (W_1 - W_2) + P$.

Исследованиями было установлено, что для получения максимально высокого урожая яровой пшеницы (3,5 т/га) на полях с тяжелыми почвами необходимо 420 мм влаги или 4200 м³/га, на полях с легкими почвами – 460 мм, для озимой пшеницы 500 мм, для кукурузы (7,0 т/га) – 475 мм. Для получения умеренных урожаев зерна пшеницы (2,5 т/га) и кукурузы (5,0 т/га) потребность в воде составляет 320 мм на полях с тяжелыми почвами и 360 мм на полях с легкими почвами.

Прогноз оросительных норм рассчитывается для максимальных и умеренных урожаев. Это дает возможность определить оросительные нормы в зависимости от имеющихся резервов воды и агротехники возделывания орошаемых культур.

Например, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы ко времени сева яровой пшеницы составили 100 мм. Ко времени массового наступления фазы восковой спелости они в среднем не превышают 10 мм. Следовательно, яровая пшеница за период вегетации израсходует из почвы 90 мм (100 - 10). Ожидаемая сумма осадков за вегетационный период должна составить 80 мм (осадки первого месяца вегетации уточняются по прогнозу, а для последующих месяцев используются средние многолетние значения). Таким образом, суммарные расходы влаги составят 170 мм (90 + 80) или 1700 м³/га. Для получения высокого урожая яровой пшеницы (3,5 т/га) оросительная норма будет равна 4200 – 1700 = 2500 м³/га, для получения среднего урожая (2,5 т/га) 3200 – 1700 = 1500 м³/га.

Прогнозируемые оросительные нормы являются наиболее вероятными, поскольку для их расчета используются средние многолетние величины.

Вместе с тем, помимо прогноза этих наиболее вероятных оросительных норм, целесообразно прогнозировать и оросительные нормы определенной обеспеченности, т.е. давать прогноз потребности с/х культур в орошении в годы, по условиям погоды и увлажнению почвы сильно отклоняющиеся от средних многолетних (в сухие и влажные).

Для прогнозирования оросительных норм определенной обеспеченности необходимо располагать данными о повторяемости тех или иных сумм осадков за период вегетации с/х культур и данными о запасах продуктивной влаги в почве ко времени наступления восковой спелости культуры. Эти данные удобно иметь в виде номограмм.

Прогноз оптимальных оросительных норм под зерновые культуры составляется по всем пунктам, где имеется орошение, затем эти данные обобщаются и даются наиболее вероятные в текущем году средние по району оптимальные оросительные нормы под ту или иную культуру, а также пределы колебаний норм по территории.

Урожай орошаемых культур зависят не только от общего количества воды, использованной посевами в период вегетации, но и от того, сколько воды поступило в наиболее важные периоды жизни растений. В связи с этим большое значение имеют прогнозы сроков и норм полива, составляемые с учетом текущей погоды и создавшейся на орошаемом поле агрометеорологической обстановки.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое агроклиматическое районирование территории?
2. На основе каких показателей проводят агроклиматическое районирование территории?
3. Какие агроклиматические районы выделяют на территории Саратовской области?
4. Что называется агрометеорологическим прогнозом?
5. Каковы виды и методы составления агрометеорологических прогнозов?
6. Каковы основные предикторы в прогнозе весенних запасов продуктивной влаги в почве?
7. Каков основной предиктор в прогнозе теплообеспеченности вегетационного периода?
8. В чем заключается метод прогноза оптимальных режимов орошения?
9. Как влияет температура на рост, развитие и формирование продуктивности растений?

Список литературы

Основная

9. **Лосев, А.П.** Агрометеорология [Текст]: Учебник для студ. вузов по агр. спец. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина.- М.: Колос, 2001.-302с.

2. **Левицкая, Н. Г.** Основы агрометеорологии. [Текст]: учеб. пособие. / Н. Г. Левицкая, Ю. В. Бондаренко. – Саратов.: Саратовский источник, 2012. – 150 с. - ISBN 978-5-91879-163-9.

3. **Бондаренко, Ю. В.** Гидрология, климатология и метеорология. [Текст]: учеб. пособие / Бондаренко Ю. В., Фисенко Б. В., Афонин В. В., Левицкая Н. Г. - ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2016 – 292 с.

Дополнительная

1. **Косарев, В.Н.** Лесная метеорология с основами климатологии /Косарев В.П., Андрущенко Т.Т. – Лань, 2009.-288с.

2. **Бондаренко, Ю. В.** Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.