

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Л. Е. Кириленко, А. В. Цвыр

ФИЗИКА С ОСНОВАМИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений образования, обеспечивающих получение
общего высшего образования по специальностям
6-05-0811-01 Производство продукции растительного
происхождения, 6-05-0811-05 Защита растений и карантин*

Горки
БГСХА
2024

УДК 53:551.5(078.5)

ББК 40.2я73

К43

*Рекомендовано методической комиссией
агротехнологического факультета 22.11.2023 (протокол № 3)
и Научно-методическим советом БГСХА 29.11.2023 (протокол № 3)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Л. Е. Кириленко*;
старший преподаватель *А. В. Цвыр*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. В. Стрелкова*;
начальник Агрометеорологической станции г. Горки,
филиала «Могилевский областной центр по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды им. О. Ю. Шмидта
ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю
радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»
В. В. Павловский

Кириленко, Л. Е.

К43 Физика с основами агрометеорологии. Агрометеорология.
Курс лекций : учебно-методическое пособие / Л. Е. Кириленко,
А. В. Цвыр. – Горки : БГСХА, 2024. – 86 с.
ISBN 978-985-882-596-6.

Приведен курс лекций по разделу «Агрометеорология» дисциплины «Физика с основами агрометеорологии».

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальностям 6-05-0811-01 Производство продукции растительного происхождения, 6-05-0811-05 Защита растений и карантин.

УДК 53:551.5(078.5)

ББК 40.2я73

ISBN 978-985-882-596-6

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2024

ВВЕДЕНИЕ

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

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

Метеорология – наука, изучающая физические процессы и явления, происходящие в атмосфере, во взаимодействии с поверхностью Мирового океана и суши.

Агрометеорология – прикладная отрасль метеорологии, изучающая метеорологические, гидрологические и климатологические условия среды в связи с объектами сельскохозяйственного производства.

Из истории агрометеорологии: первые наблюдения человека за погодой можно прочесть в летописях, где описываются опасные явле-

ния погоды и их воздействие на формирование урожая. После того как Галилей изобрел термометр, а Торричелли барометр, стали проводить наблюдения с помощью этих приборов, фиксировать показания, анализировать влияние условий погоды на рост и развитие растений. На территории России первые наблюдения начали проводить по указанию Петра Первого в Петербурге в 1722 г. На территории Беларуси первые наблюдения начали проводить в Могилеве в 1808 г., в Витебске – в 1089 г., в Горках – в 1841 г.

В 1885 г. на территории России была создана сеть агрометеостанций, которые проводили наблюдения одновременно за погодой и за растениями. В настоящее время все агрометеостанции на территории Республики Беларусь входят в сеть метеостанций Белорусской Гидрометеорологической службы с центром в Минске.

Основные задачи агрометеорологии:

1. Организация наблюдений за состоянием атмосферы, почвы, воды, растений и за радиационным фоном.

2. Составление прогнозов погоды и агрометеорологических прогнозов, таких как прогноз заморозков, прогноз запасов продуктивной влаги в почве, прогноз вымерзания озимых, фенологический прогноз.

3. Обоснование дифференцированного применения приемов агротехники в связи со сложившимися погодными условиями.

4. Составление агрометеорологических бюллетеней и справочников о климатических и водных ресурсах по областям Республики Беларусь.

5. Выдача необходимой информации хозяйствам агропромышленного комплекса и предприятиям. Например: прогноз заморозков, глубина промерзания почвы, глубина снежного покрова, толщина слоя обледенения проводов электрических сетей, налипание снега на провода, дальность видимости для автотранспорта, высота облаков нижнего слоя для нужд сельхозавиации, гололедица на дорогах и гололедные явления на плодовых деревьях.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основной

1. Кириленко, Л. Е. Метеорологические явления, опасные для сельского хозяйства: лекция / Л. Е. Кириленко. – Горки, 2005. – 12 с.

2. Лосев, А. П. Агрометеорология / А. П. Лосев, Л. Л. Журина. – Минск: Колос, 2004. – 301 с.

3. Лосев, А. П. Сборник задач и вопросов по агрометеорологии / А. П. Лосев. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 144 с.
4. Павлова, М. Д. Практикум по агрометеорологии / М. Д. Павлова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 184 с.
5. Ражкоў, Л. М. Экалогія з асновамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Минск: Ураджай, 1995.
6. Чирков, Ю. А. Агрометеорология / Ю. А. Чирков. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 296 с.
7. Хромов, С. П. Метеорология и климатология / С. П. Хромов, А. Д. Петросянц. – М., 2004. – 582 с.

Дополнительный

8. Гольберг, М. А. Опасные явления погоды и урожай / М. А. Гольберг, Г. В. Волбуева, А. А. Фалей. – Минск: Ураджай, 1988. – 289 с.
9. Изменения климата Беларуси и их последствия / под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Тонпик, 2003. – 395 с.
10. Каўрыга, П. А. Вучэбная практыка па метэаралогіі і кліматалогіі / П. А. Каўрыга. – Минск: БДУ, 1995. – 188 с.
11. Каўрыга, П. А. Характарыстыка клімату Беларусі / П. А. Каўрыга. – Минск: БДУ, 1996. – 286 с.
12. Каўрыга, П. А. Метэаралогія / П. А. Каўрыга. – Минск: БДУ, 2005. – 227 с.
13. Каўрыга, П. А. Лабараторны практыкум па метэаралогіі і кліматалогіі / П. А. Каўрыга. – Минск: Ураджай, 1997. – 246 с.
14. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 1996. – 365 с.
15. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – Вып. 2.: Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. – Ч. 1: Основные метеорологические наблюдения. – 168 с.
16. Ражкоў, Л. М. Экалогія з асновамі метэаралогіі. Лабараторны практыкум / Л. М. Ражкоў. – Минск: БДТУ, 2007. – 340 с.
17. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. Т. 2. Технические, овощные, плодовые, субтропические культуры, травы, пастбищная растительность, отгонное животноводство. – 298 с.

Лекция 1. АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

- 1.1. Атмосфера и ее физические свойства.
- 1.2. Атмосфера Земли.
- 1.3. Атмосферное давление.

1.1. Атмосфера и ее физические свойства

Атмосфера – газообразная оболочка Земли. Чистый сухой воздух имеет в своем составе 78 % азота, 21 % кислорода, 1 % составляет смесь аргона, углекислого газа, озона, гелия, водорода, неона, криптона, ксенона, причем аргон составляет 0,93 %, углекислый газ – 0,03 %.

Следовательно, остальные газы содержатся в очень малом количестве. На высоте до 90–100 км газовый состав сухого чистого воздуха является постоянным. В атмосфере постоянно присутствует водяной пар, причем только в самом нижнем слое атмосферы. Наибольшее значение для сельскохозяйственного производства имеют кислород, азот, углекислый газ, водяной пар. Кислород необходим для дыхания, горения, гниения. Азот – один из главных элементов питания растений. Атмосферный азот связывают некоторые почвенные и клубеньковые бактерии и переводят в соединения, доступные для растений. Углекислый газ используется растениями для синтеза органических веществ. Он поступает в атмосферу при дыхании животных и растений, горении и гниении органических веществ. Водяной пар обуславливает образование облаков и выпадение осадков, поэтому является важным звеном круговорота воды в природе. В атмосфере постоянно присутствуют аэрозоли – взвешенные твердые и жидкие частицы как природного, так и техногенного происхождения. В атмосфере содержатся также различные газовые примеси, например окись углерода, окислы азота и др. В вертикальном направлении атмосферу подразделяют на пять слоев, различающихся по температурным характеристикам: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу. Газовый состав воздуха в разных слоях значительно отличается. Водяной пар содержится только в тропосфере, а озон только в стратосфере.

1.2. Атмосфера Земли

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

Высота газовой оболочки Земли велика и составляет более 2000 км. Точно определить границу атмосферы трудно, так как переход от земной атмосферы к межпланетному пространству совершается плавно и на больших высотах плотность воздуха очень мала. Можно только отметить, что в пределах околоземного пространства до высоты 20 км находится около 95 % всей массы атмосферного воздуха.

Атмосфера разделяется на тропосферу, стратосферу и ионосферу (рис. 1.1). Такое деление основано на физических свойствах этих слоев и характере их изменения с подъемом на высоту. Давление и плотность воздуха с увеличением высоты во всех трех слоях атмосферы уменьшается. В нижних слоях тропосферы содержится множество различных примесей в виде мельчайших твердых частиц (пыль).

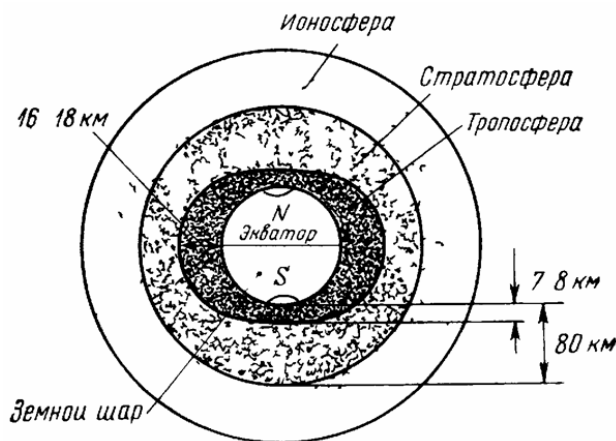


Рис. 1.1. Строение атмосферы по физическим свойствам слоев

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

Стратосфера – слой воздуха, лежащий непосредственно над воздушными слоями тропосферы. В ней наблюдается полное отсутствие облаков и наличие сильных ветров, дующих с большой скоростью и в одном направлении. Вертикальные перемещения воздушных масс отсутствуют. В стратосфере с высоты: на экваторе – 17 км, полюсе –

8 км, средней широте – 11 км и до высоты в среднем 25–30 км температура постоянна и составляет -56°C . С высоты 30 км и до 55 км температура воздуха повышается до $+75^{\circ}\text{C}$ вследствие повышенного содержания озона, который обладает способностью поглощать ультрафиолетовое излучение. С высоты 55 км и до 80 км температура воздуха понижается в среднем на 4°C на каждые 1000 м из-за уменьшения процентного содержания озона в воздухе. На высоте 82–83 км температура воздуха составляет -35°C (рис. 1.2).

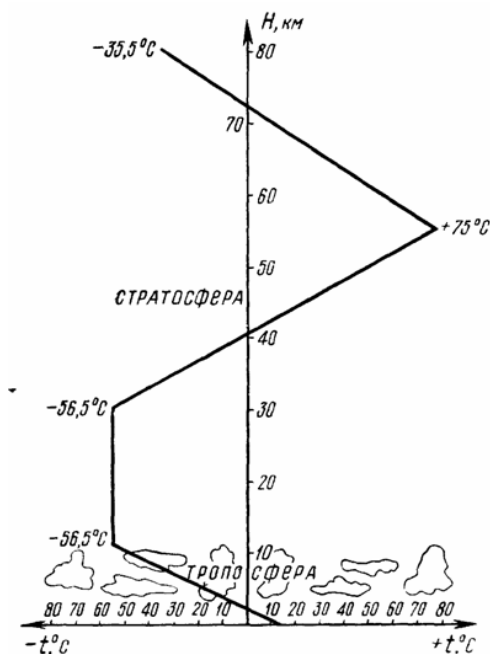


Рис. 1.2. Изменение температуры воздуха по высотам для стандартных условий средней широты

Ионосфера – слой воздуха, лежащий непосредственно над воздушным слоем стратосферы. Высота ионосферы составляет от 85 до 500 км. Из-за наличия в ионосфере огромного количества ионов (заряженных молекул и атомов атмосферных газов, движущихся с большими скоростями) ее воздух сильно нагревается. Воздух ионосферы также характеризуется высокой проводимостью, преломлением, отраже-

нием, поглощением и поляризацией радиоволн. В ионосфере из-за вышеуказанных свойств наблюдаются свечения ночного неба, полярные сияния, магнитные бури.

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

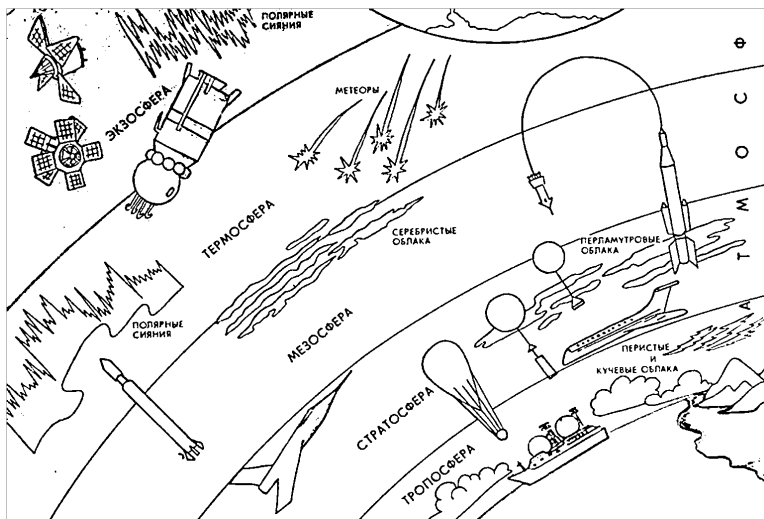


Рис. 1.3. Строение атмосферы по характеру изменения температуры с высотой

1. *Тропосфера* – самый нижний слой атмосферы, простирается от земной поверхности до примерно 10–12 км в умеренных широтах (на экваторе – 17–18, на полюсах – примерно 8 км). Здесь содержится примерно 80 % воздуха и практически весь водяной пар. В тропосфере происходят все важнейшие атмосферные процессы и явления (образование облаков, выпадение осадков, грозы и т. д.). Температура воздуха здесь медленно понижается с высотой, достигая -70°C на верхней границе.

2. *Стратосфера* – простирается до высоты 50–55 км. Здесь находится основной озоновый слой. Ветер в стратосфере слабый, а облака образуются очень редко. Температура здесь медленно возрастает с высотой, достигая 0°C на верхней границе.

3. *Мезосфера* – до 80–90 км. Здесь наблюдается резкое понижение температуры воздуха (до -90°C).

4. *Термосфера* – простирается до 800 км. Воздух здесь очень ионизированный, поэтому ее называют также ионосферой. Температура воздуха здесь повышается до -2000°C . В термосфере возникают полярные сияния (т. е. свечение ионизированного воздуха), происходят магнитные бури, сгорают метеориты.

5. *Экзосфера* – внешний слой, из которого отдельные молекулы улетучиваются в космос. Простирается до высоты примерно 2000–3000 км и постепенно переходит в межпланетное пространство.

1.3. Атмосферное давление

Атмосфера имеет вес, поэтому все предметы, находящиеся на подстилающей поверхности, испытывают атмосферное давление. Атмосферное давление представляет собой силу, с которой столб воздуха, простирающийся от поверхности земли до верхней границы атмосферы, давит на единицу земной поверхности. Атмосферное давление – это давление газообразной оболочки Земли, которое по всем направлениям распространяется без изменений. Оно численно равно силе, с которой атмосферный столб действует на единицу площади любой поверхности. Для измерения атмосферного давления Торричелли в 1643 г. создал первый ртутный барометр. Атмосферное давление измерялось высотой ртутного столба в трубке барометра в миллиметрах, так как давление атмосферы удерживает столб ртути на определенной высоте. Но чтобы измерять давление в единицах силы, в 1930 г. была установлена новая международная единица давления, названная бар (древнегреческое слово «барос» – тяжесть), $1 \text{ бар} = 750 \text{ мм. рт. ст.}$, тогда $1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм. рт. ст.}$ В 1980 г. в метеорологии в качестве международной единицы давления принят паскаль (Па). $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. В практических целях применяется гектопаскаль (гПа). $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$. Внесистемная единица измерения атмосферного давления 1 мм. рт. ст. в настоящее время не используется в научной и учебной литературе, а применяется только для практических расчетов: $1 \text{ мм. рт. ст.} = 1,33 \text{ гПа} = 1,33 \text{ мб}$; $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм. рт. ст.}$ Учитывая, что существует одновременно несколько единиц измерения, необходимо знать соотношение между единицами измерения. В различных географических точках на земном шаре атмосферное давление разное, оно может превышать или не достигать давления, которое называется нормальным. Нормальное атмосферное давление имеет значение 760 мм. рт. ст. , или 1013 гПа . В Республике Беларусь в большинстве дней в году наблюдается атмосферное давление несколько ниже этого значения, около 740 мм. рт. ст.

Высота ртутного столба в барометре зависит не только от давления, но и от температуры ртути, а также от значения ускорения свободного падения в точке наблюдения, которое, как известно, изменяется с высотой над уровнем моря и с широтой места. Показание ртутного барометра на всех метеостанциях приводят к одинаковым условиям: к одной температуре (обычно 0 °С), к уровню моря и широте 45°. При этих условиях давление, равное 760 мм. рт. ст., называют *нормальным атмосферным давлением*. Давление воздуха с высотой уменьшается, так как на каждую более высоко расположенную поверхность давит меньший вес атмосферы. Изменение атмосферного давления с высотой характеризуют *барической ступенью* – расстоянием в метрах, по вертикали на котором давление падает на 1 гПа. При температуре 0 °С и давлении 1000 гПа барическая ступень равна 8 м/гПа. Таким образом, у земной поверхности нужно подняться примерно на 8 м, чтобы давление упало на 1 гПа. Для получения наглядного представления об изменении атмосферного давления по земному шару на карту наносят замкнутые линии (изобары), соединяющие точки с одинаковым атмосферным давлением, и определяют *горизонтальный барический градиент (ГБГ)*. Изменение атмосферного давления вдоль горизонтали, направленной перпендикулярно к изобарам, в сторону от высокого давления к низкому, приходящееся на расстояние в 100 км, называют *горизонтальным барическим градиентом*. Обычно ГБГ составляет 1–2 гПа/10.

Атмосферное давление изменяется с высотой, это изменение характеризуют барической ступенью. Изменение атмосферного давления по горизонтали характеризуют горизонтальным барическим градиентом (ГБГ)

$$\text{ГБГ} = \frac{\Delta P}{\Delta n} \cdot 100,$$

где ΔP – изменение давления по горизонтали (гПа) на расстоянии Δn , км.

Именно горизонтальный барический градиент вызывает движение воздуха в горизонтальном направлении, благодаря чему возникает ветер.

Лекция 2. СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАСТЕНИЯ

2.1. Виды солнечной радиации.

2.2. Радиационный и тепловой баланс земной поверхности.

2.3. Спектральный состав солнечной радиации и его воздействие на растения.

2.4. Фотосинтетически активная радиация (ФАР).

2.5. Биологическое значение солнечной радиации.

2.1. Виды солнечной радиации

Солнечная радиация – это сочетание ярко-желтого цвета Солнца и тепла, тепло проходит и сквозь облака. Солнечная радиация передается на Землю посредством излучения, а не методом теплопроводности.

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

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

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

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

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



Рис. 2.1. Виды солнечной радиации

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

2.2. Радиационный и тепловой баланс земной поверхности

Радиационный баланс земной поверхности – разность между суммарной солнечной радиацией, поглощенной земной поверхностью, и ее эффективным излучением.

Для земной поверхности:

- приходная часть есть поглощенная прямая и рассеянная солнечная радиация, а также поглощенное встречное излучение атмосферы;
- расходная часть состоит из потери тепла за счет собственного излучения земной поверхности.

Радиационный баланс может быть положительным (днем, летом) и отрицательным (ночью, зимой); измеряется в $\text{кВт/м}^2/\text{мин}$.

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

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

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

Радиация, поступающая к земной поверхности непосредственно от Солнца, называется прямой солнечной радиацией и обозначается буквой S . Солнечная радиация распространяется от Солнца по всем направлениям, но расстояние от Земли до Солнца так велико, что прямая радиация падает на поверхность земли в виде параллельных лучей. Количество солнечной энергии, падающей на единицу горизонтальной поверхности, будет меньшим, чем на единицу поверхности, расположенную перпендикулярно лучам Солнца (рис. 2.2).

Приток солнечной радиации на горизонтальную поверхность называется инсоляцией и обозначается через S' . Инсоляция связана с прямой радиацией зависимостью

$$S' = S \sin h.$$

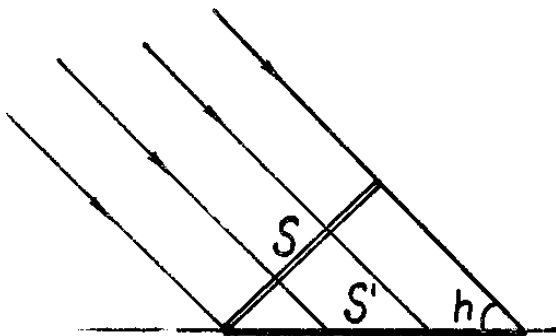


Рис. 2.2.

Солнечная радиация, проходя через атмосферу, частично рассеивается, т. е. происходит отклонение солнечных лучей от прямолинейного распространения.

Сумма прямой и рассеянной радиации называется суммарной ($Q = S + D$). Суммарная радиация, падающая на горизонтальную поверхность

$$Q_s = S \sin h_0 + D,$$

где $S \sin h_0$ – инсоляция;

D – рассеянная радиация;

h_0 – высота Солнца.

Падая на землю, суммарная радиация частично отражается. Величина солнечной радиации, отраженной от земной поверхности, зависит от характера этой поверхности. Величина, характеризующая отражательную способность поверхности тела, называется альбедо (A). Измеряется альбедо отношением радиации, отраженной некоторой поверхностью, к суммарной радиации, падающей на эту поверхность. Выражается альбедо в процентах:

$$A = \frac{R}{Q} \cdot 100 \, \%.$$

Альбедо зависит от рода поверхности и ее состояния. Растительный покров и оголенная почва отражают солнечную радиацию неодинаково. Почва, покрытая растительностью, отражает радиацию в два раза больше, чем оголенная. Более светлые почвы отражают радиацию

сильнее, чем темные. Альbedo зависит также от степени увлажненности почвы. Ниже приведены значения альbedo для различных поверхностей (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Значения альbedo для различных поверхностей

Поверхность	Альbedo, %	Поверхность	Альbedo, %
<i>Почвы</i>		<i>Растительный покров</i>	
Серый песок сухой	18	Рожь и пшеница в разных стадиях развития	10–25
Серый песок влажный	9	Зеленая трава	26
Желтый песок	25	Сухая трава	19
Чернозем сухой	14	Лес хвойный	15
Чернозем влажный	8	Лес лиственный	13–17

Наиболее высокое альbedo имеет снег. Альbedo свежеснеженного снега равняется 80–90 % (может достигать даже 94 %), уплотненного снега – 40–50 %. Отражательная способность воды зависит от угла падения лучей. При отвесном падении лучей отражается лишь 2 % радиации, а под углом 2° – 78 %. При рассеянной радиации отражательная способность воды в среднем равна 8 %. Итак, из общего потока суммарной радиации Q часть отражается:

$$R = \frac{A \cdot Q}{100 \%}.$$

Остальная часть суммарной радиации поглощается земной поверхностью и идет на нагревание верхних слоев почвы и воды. Поглощенная радиация $Q - R = Q - AQ = Q(1 - A)$.

Энергетическая освещенность солнечного излучения в международной системе единиц СИ выражается в ваттах на 1 м² (Вт/м²). До 1980 г. в метеорологии за единицу измерения интенсивности солнечной радиации было принято количество тепла в калориях, которое получает в 1 мин 1 см² поверхности, расположенной перпендикулярно к солнечным лучам (кал/см² мин). Соотношение между этими единицами измерений следующее: 1 кал/см² мин = 698 Вт/м².

Земля, поглощая солнечную радиацию, сама становится источником излучения. Земное излучение E_z , проходя через атмосферу, частично поглощается ею, и атмосфера нагревается. Нагреваясь, атмосфера начинает сама излучать инфракрасную радиацию во всех направлениях. Часть этого излучения E_a направлена в сторону земной

поверхности и называется *встречным излучением* атмосферы. Разность между земным излучением и встречным называется *эффективным излучением*. За счет эффективного излучения поверхность земли охлаждается. Влияние атмосферы на тепловой режим земной поверхности называется парниковым эффектом. Благодаря этому земная поверхность ночью охлаждается значительно меньше. Разность между приходом и расходом лучистой энергии называют *радиационным балансом*. Летом баланс положительный, зимой – отрицательный.

2.3. Спектральный состав солнечной радиации и его воздействие на растения

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

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

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

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

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

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

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



Рис. 2.3. Спектральный состав солнечной радиации

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

Основным элементом, определяющим интенсивность радиации на земной поверхности для любого пункта, будет высота Солнца над горизонтом; ею определится не только напряжение лучей в данный мо-

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

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

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

2.4. Фотосинтетически активная радиация (ФАР)

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) – часть солнечного излучения с длиной волны 400–700 нм, которая используется растениями в процессе фотосинтеза. На фотосинтез используется 1,5–2 % поглощенной ФАР, остальная поглощенная энергия расходуется в основном на испарение воды – транспирацию (95–98 %), возможен также и теплообмен с атмосферой. В процессе фотосинтеза растения используют прямое и рассеянное солнечное излучение.

На верхнюю границу посевов приблизительно 210 Вт/м^2 , проходя через ярусы листьев, количество солнечного излучения резко уменьшается. Для хорошего образования органического вещества необходимо, чтобы энергетическая освещенность посева превышала так называемую компенсационную точку. Значение компенсационной точки составляет $20\text{--}35 \text{ Вт/м}^2$ в зависимости от вида растений.

2.5. Биологическое значение солнечной радиации

Недостаток солнечного излучения в период вегетации ухудшает качество сельскохозяйственной продукции: сахаристость фруктов и овощей, маслянистость льна и подсолнечника, крахмалистость картофеля. Весной на южных склонах почва «созревает» для посева на 10–12 дней раньше, чем на северных, поэтому на южных склонах высевают более ранние и теплолюбивые культуры. За период вегетации

на южных склонах накапливается на 200 °С тепла больше, чем на северных, поэтому на южных склонах высевают более ранние и более теплолюбивые культуры. У плодовых деревьев формируют специальные формы крон (веретено, пальметта и др.) для улучшения освещенности ярусов листьев. Для повышения эффективности использования солнечной радиации в сельском хозяйстве применяют оптимальные нормы посева и посадки растений, создают благоприятный водный режим и режим минерального питания. Для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур необходимо вывести такие сорта, которые в ограниченных метеорологических условиях имели бы активный фотосинтетический аппарат. Необходимо создавать такие конструкции посевов, которые бы обеспечивали максимальную освещенность листовой поверхности. В плодоводстве садоводы формируют крону дерева так, чтобы создать оптимальный световой режим.

На что обратить внимание!

1. Атмосфера – это газообразная оболочка Земли, основными компонентами которой являются азот, кислород и другие газы, а также водяной пар и взвешенные твердые и жидкие частицы природного и техногенного происхождения.

2. Атмосфера имеет массу и поэтому оказывает давление на все предметы, находящиеся на поверхности Земли.

3. Солнечная радиация – это излучения, приходящие на Землю от Солнца. Она бывает прямой, рассеянной, отраженной, влияет на климат Земли, продуктивность растений. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) – часть солнечного излучения с длиной волны 400–700 нм, которая используется растениями в процессе фотосинтеза.

Контрольные вопросы

1. Что называется атмосферой?
2. Какие газы входят в состав атмосферного воздуха?
3. Что понимают под атмосферным давлением?
4. В каких единицах измеряется атмосферное давление?
5. Что понимают под прямой, рассеянной, суммарной, отраженной солнечной радиацией?
6. В каких единицах измеряется интенсивность лучистой энергии?

7. Какие величины следует измерить, чтобы вычислить альбедо поверхности? От чего зависит его величина?
8. Какое излучение называется эффективным?
9. Дайте определение фотосинтетически активной радиации.
10. Каковы пути повышения использования солнечного излучения растениями?

Лекция 3. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

- 3.1. Процессы нагревания и охлаждения воздуха.
- 3.2. Изменение температуры воздуха с высотой.
- 3.3. Суточный и годовой ход температуры воздуха.
- 3.4. Характеристики температурного режима воздуха.
- 3.5. Теплофизические характеристики почвы.
- 3.6. Суточный и годовой ход температуры почвы.
- 3.7. Промерзание и оттаивание почвы.
- 3.8. Оптимизация температурного режима почвы.

3.1. Процессы нагревания и охлаждения воздуха

Нижние слои атмосферы плохо поглощают солнечную радиацию, поэтому воздух нагревается главным образом за счет тепла земной поверхности.

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

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

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

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

Тепловая конвекция – перенос объемов воздуха по вертикали, возникающий, при неравномерном нагревании различных участков поверхности. Над более прогретыми участками воздух становится теплее, а потому он легче окружающего и поднимается вверх. Над сушей

тепловая конвекция возникает днем, а над морем – ночью и в холодное время года, когда водная поверхность теплее прилегающих слоев атмосферы.

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

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

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

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

3.2. Изменение температуры воздуха с высотой

Изменение температуры воздуха на сто метров высоты называется **вертикальным градиентом температуры (ВГТ)**.

$$\text{ВГТ} = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}}{h_{\text{в}} - h_{\text{н}}} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где $t_{\text{н}} - t_{\text{в}}$ – разность температуры воздуха на нижнем и верхнем уровнях (°C).

$h_{\text{в}} - h_{\text{н}}$ – разность высот двух уровней (м).

1. Если температура на верхнем уровне меньше температуры на нижнем уровне, то температура с высотой уменьшается и **ВГТ положительный**. Это нормальное состояние тропосферы (тропосфера – это

самый нижний слой атмосферы до высоты равной 10–12 км от земной поверхности в средних широтах).

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

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

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

3.3. Суточный и годовой ход температуры воздуха

В суточном ходе температуры воздуха (на высоте 2 м) – максимум 14–15 ч местного времени; минимум – перед восходом солнца.

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

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

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

3.4. Характеристики температурного режима воздуха

1. Средние температуры

а) среднесуточная температура – это среднее арифметическое из температур, измеренных через 3 ч в течение суток (это восемь измерений);

б) среднемесячная температура – это среднее арифметическое значение из среднесуточных температур за месяц. В Республике Беларусь они составляют по многолетним наблюдениям в январе: Орша ($-8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), Горки ($-8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), Брест ($-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$); в июле: Орша ($17,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), Горки ($17,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), Пинск, Брест ($18,8\text{ }^{\circ}\text{C}$);

в) среднегодовая температура – это среднее арифметическое значение из среднемесячных температур за год. Но она не может полностью охарактеризовать климат.

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

2. Максимальные и минимальные температуры:

а) максимальная температура – это самая высокая температура за срок наблюдения (сутки, месяц, год и т. д.);

б) минимальная температура – это самая низкая температура за срок наблюдения (сутки, месяц, год и т. д.);

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

3. Суммы температур.

Для характеристики температурного режима в период вегетации растений используют активные и эффективные температуры, а также их суммы.

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

а) активная температура – это температура выше $+10^{\circ}\text{C}$, т. е. температура, при которой происходит активная вегетация растений. В природе при наступлении такой температуры разворачивается лист у деревьев. Сумма **активных** температур – это сумма среднесуточных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$;

б) эффективная температура – это температура, отсчитанная от температуры биологического минимума развития растений. $t_{\text{эф}} = t_{\text{ср}} - t_{\text{бм}}$, где $t_{\text{ср}}$ – среднесуточная температура воздуха, $t_{\text{бм}}$ – биологический минимум температуры для растений данной культуры. Так, для кукурузы биологический минимум температуры составляет 10°C , для ячменя – 5°C , для теплолюбивых культур – $12-15^{\circ}\text{C}$. Сумма **эффективных** температур – это сумма средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума данной культуры.

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

Пример: у яровой пшеницы $+5^{\circ}\text{C}$; огурцов $+10^{\circ}\text{C}$; фасоли $+12^{\circ}\text{C}$; гороха $+5^{\circ}\text{C}$.

Для теплолюбивых растений учитываются температуры выше $+15^{\circ}\text{C}$.

Кроме того, учитывается температура выше +5 °С – это температура начала вегетации трав и озимых.

Для выражения потребности растений в тепле применяют также *суммы активных температур*. Для сельскохозяйственной оценки ресурсов климата Г. Т. Селянинов предложил использовать *суммы активных температур*, средние суточные значения которых превышают 10 °С. Этот показатель применяют для изучения обеспеченности теплом различных районов Беларуси. Например, разница между суммами активных температур за период вегетации в юго-западных и северо-восточных районах Беларуси составляет около 400–450 °С. Это необходимо учитывать при подборе возделываемых культур и сортов. В Республике Беларусь суммы активных температур за вегетационный период изменяются от 1900 °С в Витебской области до 2400 °С в Брестской области. В Горках сумма активных температур составляет около 2100 °С.

Физиологические процессы у растений происходят в определенном диапазоне температур. Интенсивность фотосинтеза у теплолюбивых культур снижается при температуре 10–12 °С, а у овса, редиса при этой температуре наблюдается интенсивный рост растений. Урожайность и качество семян у зерновых культур снижаются при жаркой погоде. С температурным режимом связаны также распространение и вредоносность вредителей и болезней.

Пример расчета сумм температур представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Пример расчета сумм температур, °С

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

Скорость развития растений возрастает при увеличении температуры от биологического минимума до приблизительно +20 °С, а при дальнейшем повышении температуры развитие большинства культур умеренного климата не только не ускоряется, но может замедляться. Повышение температуры не всегда ускоряет рост растений. Температуры, не ускоряющие развитие растений, а замедляющие, называются **балластными**.

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

Температура почвы. Процесс нагревания почвы зависит от прихода к ней солнечной радиации, рельефа местности и физических свойств почвы.

3.5. Теплофизические характеристики почвы

Температурный режим почвы зависит от ее теплофизических характеристик, таких как теплоемкость и теплопроводность

Теплоемкость почвы бывает:

- *объемная;*
- *удельная.*

Объемная теплоемкость ($C_{об}$) – это количество тепла необходимое для того, чтобы нагреть 1 м^3 почвы на 1°C [$\text{Дж}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$].

Удельная теплоемкость ($C_{уд}$) – это количество тепла необходимое для нагрева одного кг почвы на 1°C [$\text{Дж}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$].

Объемная теплоемкость связана с удельной теплоемкостью следующей зависимостью:

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

где d – плотность почвы, $\text{кг}/\text{м}^3$

Теплопроводность почвы (K) – это способность почвы передавать тепло от слоя к слою [$\text{м}^2/\text{с}$], $K = 0,1\text{--}0,2 \text{ м}^2/\text{с}$.

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

$$K = \lambda / C_{об}, \quad (3.3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности [$\text{Дж}/\text{с} \cdot \text{м} \cdot ^\circ\text{C}$].

Коэффициент теплопроводности характеризует скорость распространения тепла в почве.

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

Сухие почвы, поры которых заполнены воздухом, проводят тепло на глубину хуже, чем влажные, поры которых заполнены водой. Следовательно, сухие почвы нагреваются быстрее, чем влажные, но на небольшой глубине. Влажные почвы нагреваются медленнее, но глубже, так как проводят тепло на глубину. По этой причине сухие почвы

остывают быстрее, чем влажные. Оголенные почвы нагреваются и остывают быстрее, чем почвы с растительным покровом.

Законы Фурье. Процесс нагревания и охлаждения почвы на глубинах подчиняется законам Фурье.

Первый закон. Период колебания температуры на разных глубинах остается постоянным.

Второй закон. Амплитуда колебания температуры с глубиной уменьшается.

На глубине 80–100 см находится слой постоянной суточной температуры.

Третий закон. Максимумы и минимумы температуры на глубинах наступают позднее, чем на поверхности. Запаздывание составляет 2,5–3 ч на 10 см глубины.

Кроме того, температурный режим почвы зависит от цвета почв (темные лучше нагреваются), плотности почв (плотные имеют большую теплоемкость и теплопроводность, чем рыхлые).

3.6. Суточный и годовой ход температуры почвы

Изменение температуры почвы в течение суток называется *суточным ходом температуры почвы*.

Максимальная температура почвы в течение суток наблюдается примерно в 13 ч местного времени; минимальная – перед восходом солнца.

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

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

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

3.7. Промерзание и оттаивание почвы

Процесс промерзания почвы – это отвердевание почвы под действием отрицательных температур и зависит от структуры и влажности ее. Почва содержит различные соли, поэтому замерзает не при 0 °C, а при –0,5...–1,5 °C.

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

Глубина промерзания почвы зависит:

- а) от суровости и продолжительности зимы;
- б) высоты снежного покрова;
- в) наличия и отсутствия растительного покрова;
- г) влажности почвы (сухие промерзают глубже).

Процесс промерзания и оттаивания почвы зависит от наличия снежного покрова. Под глубоким снежным покровом почва промерзает меньше, и процесс оттаивания почвы начинается с глубины. Полное оттаивание почвы происходит до схода снежного покрова или во время его схода. В бесснежные зимы почва промерзает глубоко, и процесс оттаивания почвы начинается с верхнего слоя почвы, так как почва начинает нагреваться солнечными лучами. А потом присоединяется оттаивание почвы с глубины.

3.8. Оптимизация температурного режима почвы

Для оптимизации температурного режима почвы необходимо:

- а) использование теплоизоляционных и укрывных материалов (полиэтилен, стеклянные рамы и т. д.);
- б) изменение альбедо почвы путем мульчирования (покрывают торфом, каменноугольной пылью, известью);
- в) увлажнение или осушение почвы (изменяется расход тепла на испарение).

Температурный режим в Республике Беларусь. В теплое время года температура воздуха зависит от широты местности, и температура повышается с севера на юг через 200 км на 0,5 °С. Следовательно в летний период в нашей республике самые обеспеченные теплом это южные области. В холодное время года температура воздуха понижается с юго-запада на северо-восток через 100 км на 0,5 °С. По этой причине самые теплые зимы наблюдаются в Брестской и Гродненской области, а самые холодные – в Витебской и Могилевской области. Вегетационный период длится в среднем 190 дней на территории Республики Беларусь. Большинство дней зимой наблюдается с температурой от 0 °С до –10 °С. Весной – от 0 ° до +10 °С. Летом наблюдаются чаще всего температуры от +10 °С до +20 °С.

На что обратить внимание!

1. Нагревание почвы происходит за счет тепла, поступающего от Солнца, а воздух нагревается от нагретой почвы.

2. Испарение влаги из почвы зависит от температуры и плотности почвы, влажности воздуха, скорости ветра, атмосферного давления.

3. Запасы воды в почве можно регулировать агротехническими методами: вспашкой, боронованием, мульчированием, правильным чередованием культур в севообороте. Продуктивная влага – это часть почвенной влаги, которая используется растениями в процессе формирования урожая.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит процесс нагревания почвы? Как происходит процесс нагревания воздуха?

2. Как определяется среднесуточная, среднемесячная и среднегодовая температура воздуха?

3. Какая температура называется эффективной и какова ее роль в жизни растений?

4. Дайте определение основных характеристик влажности воздуха.

5. Какие существуют методы для определения влажности воздуха?

6. Каковы причины образования росы, изморози, гололеда?

7. В каких единицах измеряется количество выпавших осадков?

8. От чего зависит скорость испарения влаги из почвы? Приведите основные методы борьбы с испарением из почвы.

9. Что понимают под продуктивной влагой?

10. Какое значение имеет снежный покров в сельском хозяйстве? Какие вы знаете мероприятия для сохранения и увеличения снежного покрова на полях?

Лекция 4. ВОДЯНОЙ ПАР В АТМОСФЕРЕ

4.1. Характеристики влажности воздуха.

4.2. Испарение. Испаряемость. Конденсация. Сублимация.

4.3. Продукты конденсации и сублимации водяного пара на земной поверхности.

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

4.1. Характеристики влажности воздуха

Влажность воздуха – содержание водяного пара в атмосфере. Водяной пар непрерывно поступает в атмосферу вследствие испарения с

поверхности водоемов, почвы, снега, льда и растительного покрова. Количество водяного пара в атмосфере зависит от времени года и от времени суток. Влажность воздуха зависит от содержания в нем водяного пара.

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

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

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

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

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

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

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

Водяной пар может иметь два состояния: ненасыщенный водяной пар – если парциальное давление e меньше давления насыщенного водяного пара, и насыщенный водяной пар в том случае, если парциальное давление e равно давлению насыщенного водяного пара.

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

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

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

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

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

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

Методы измерения влажности воздуха. Влажность воздуха может быть измерена несколькими методами. Наибольшее распространение получили *психрометрический* и *гигрометрический* методы. Для измерения влажности воздуха используются психрометрический и гигрометрический, или сорбционный, методы. Название психрометрического метода произошло от слова «психрос» – охлаждение. Измерение влажности воздуха основано на охлаждении одного из термометров. На этом методе основана работа наиболее распространенных приборов для измерения влажности воздуха – аспирационного и стационарного психрометров. Гигрометрический, или сорбционный, метод измерения влажности основан на свойстве гигроскопических тел реагировать на изменение влажности воздуха. На этом свойстве основано действие волосного гигрометра.

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

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

$$e = E'_в - Ap(t - t'). \quad (4.4)$$

Если же на батисте лед, то применяют формулу

$$e = E'_л - Ap(t - t'), \quad (4.5)$$

где $E'_в$, $E'_л$ – давление насыщенного водяного пара над плоской поверхностью чистой воды и чистого льда при температуре смоченного термометра, гПа;

p – атмосферное давление, гПа;

t и t' – температура сухого и смоченного термометров, °C;

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

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

Значение влажности воздуха для сельскохозяйственного производства. Если воздух сухой, имеется большой дефицит насыщения, то резко возрастает испарение с поверхности почвы и усиливается транспирация растений. Особенно опасна для растений относительная влажность воздуха ниже 30 %, она вызывает преждевременное усыхание листьев и шуплость зерна. Влажность воздуха влияет на качество продукции растениеводства. При малой влажности воздуха улучшаются хлебопекарные качества пшеницы, но снижается качество льноволокна. Но условия уборки зерновых комбайнами считаются благоприятными с увеличением дефицита насыщения. При дефиците > 8 гПа условия уборки считаются хорошими, а < 3 гПа – оцениваются как плохие.

При повышенной относительной влажности воздуха развивается ряд болезней сельскохозяйственных культур, например фитофтороз картофеля и томатов, различные виды ржавчины зерновых культур и выход вредителей. В Республике Беларусь влажность воздуха изменяется от 50 до 90 %.

4.2. Испарение. Испаряемость. Конденсация. Сублимация

Испарение – переход вещества из жидкого состояния в газообразное. Количественно испарение характеризуется **скоростью испаре-**

ния – это масса воды, испаряющаяся с единицы поверхности в единицу времени (г/см^2).

Скорость испарения можно вычислить по следующей формуле:

$$W = \frac{A(E_1 - e)}{P}, \quad (4.6)$$

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

P – атмосферное давление;

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

Таким образом, скорость испарения зависит:

1) *от температуры испаряющей поверхности* (чем выше температура, тем больше скорость);

2) *от дефицита насыщения* (чем суше воздух, тем больше скорость);

3) *от скорости ветра* (ветер уносит влажный воздух, заменяя его на сухой и таким образом увеличивает скорость испарения);

4) *от атмосферного давления* (давление атмосферы затрудняет отрыв молекул воды от испаряющей поверхности, в результате скорость испарения уменьшается).

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

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

Например. В пустыне испарение примерно в 25 раз меньше испаряемости, так как осадков выпадает менее 100 мм/год, а испаряемость более 2,500 мм.

Методы регулирования испарения для нужд сельского хозяйства. Испарение воды с поверхности почвы связано с культурой земледелия. Много воды испаряет плотная почва, содержащая много узких почвенных капилляров, по которым вода поднимается к поверхности почвы и испаряется, а также пахота с крупнокомковатой поверхностью. Для уменьшения испарения влаги почвой необходимо разрушить капиллярную систему почвы. Поэтому для уменьшения испарения воды из почвы рекомендуется сочетать вспашку с боронованием; проводить раннее весеннее боронование почвы для закрытия влаги; мульчирование почвы; рыхление междурядий пропашных культур; посадку

полезащитных лесополос, уменьшающих скорость ветра, а также кулис из высокостебельных растений.

Увлажнение территории можно охарактеризовать с помощью коэффициента увлажнения.

$$K_{\text{увл}} = \frac{R}{I}, \quad (4.7)$$

где R – количество осадков за год (мм);

I – испаряемость за год (мм).

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

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

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

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

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

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

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

4.3. Продукты конденсации и сублимации водяного пара на земной поверхности

Воздух соприкасается с земной поверхностью. И в зависимости от ее температуры, а также от температуры и влажности воздуха может

происходить конденсация или сублимация водяного пара, и образуются следующие продукты:

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

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

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

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

4.4. Продукты конденсации и сублимации водяного пара в свободной атмосфере

В свободной атмосфере могут образовываться следующие продукты конденсации и сублимации водяного пара.

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

2. *Дымка*, если видимость больше 1 км, но меньше 10 км.

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

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

Лекция 5. ОСАДКИ. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ. ПРОДУКТИВНАЯ ВЛАГА

- 5.1. Виды осадков.
- 5.2. Снежный покров и его характеристики.
- 5.3. Значение снежного покрова для сельского хозяйства.
- 5.4. Продуктивная влага. Влажность устойчивого завядания.
- 5.5. Влагоемкость почв. Водный баланс поля.

Атмосферные осадки являются основным источником влаги для сельскохозяйственных полей. Ливневые осадки менее благоприятны для растений, чем обложные дожди. Они повреждают растения, вызывают полегание посевов и трав, уплотняют почву. Продолжительные дожди ухудшают условия уборки, в период цветения растений ухудшают условия оплодотворения. Длительное отсутствие осадков вызывает засуху. К твердым осадкам относят снег, снежную крупу, ледяную крупу, ледяной дождь, град. К смешанным осадкам относят мокрый снег. Количество выпавших осадков измеряют толщиной слоя воды в миллиметрах, который образовался бы на поверхности, если бы этот слой не впитывался и не испарялся. В агрономических целях количество осадков в миллиметрах переводят в объем воды в метрах кубических приходящихся на 1 га ($\text{м}^3/\text{га}$). Чтобы перевести количество осадков в миллиметрах в кубические метры, приходящиеся на гектар, необходимо количество осадков в миллиметрах умножить на 10. Интенсивностью осадков называется количество осадков в миллиметрах, выпадающих за 1 мин. Определяется она по следующей формуле:

$$h = \frac{r}{t},$$

где r – слой осадков, мм;

t – время выпадения осадков, мин.

Оценка условий увлажнения вегетационного периода. Оценка условий увлажнения вегетационного периода только по суммам осадков недостаточна для характеристики водных ресурсов территорий. Сумма осадков за период вегетации может быть одинакова в ряде рай-

офов, но их значение для растений будет разным. Это зависит от испаряемости почвенной влаги, которая зависит от температурного режима данной территории. В более южных районах испаряемость выше, чем в северных. Оценку влагообеспеченности местности производят, используя гидротермический коэффициент Селянинова, который вычисляется как отношение суммы осадков к испаряемости. В качестве показателя испаряемости Селянинов рекомендует приближенное выражение $\frac{\sum t}{10}$, где t – средняя температура за данный период.

Для оценки условий увлажнения применяют предложенный Г. Т. Селяниновым гидротермический коэффициент (ГТК)

$$\text{ГТК} = 10 \sum O / \sum t,$$

где $\sum O$ – сумма осадков (мм) за период активной вегетации ($t \geq 10^\circ \text{C}$); $\sum t$ – сумма температур ($^\circ \text{C}$) за период активной вегетации.

Полученные по формуле значения имеют следующие характеристики: 0–0,5 – сухо; 0,5–1 – засушливо; 1–1,5 – влажно; 1,5–2 – избыточно влажно.

Гидротермический коэффициент нельзя применять для оценки увлажнения почвы зимой, весной и осенью, когда среднесуточная температура воздуха ниже 10°C .

5.1. Виды осадков

Осадки подразделяют на 3 группы: твердые, жидкие и смешанные.

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

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

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

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

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

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

2. Жидкие: дождь.

Жидкие осадки можно подразделить *по интенсивности*:

– на *ливневые* – выпадают из кучево-дождевых облаков непродолжительное время и на небольшой площади, часто проходят полосами.

Диаметр капель до 5–7 мм;

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

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

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

5.2. Снежный покров и его характеристики

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

Снежный покров характеризуется высотой в сантиметрах, плотностью в граммах на сантиметр кубический (г/см^3), характером залегания, запасом воды в миллиметрах (мм). Плотность снега определяется по формуле

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

где n – запас воды в снеге, мм;

h – высота снежного покрова, см.

К характеристикам снежного покрова относятся:

1) *высота снежного покрова* – зависит от количества выпавшего снега и его плотности;

2) *плотность снежного покрова* – это отношение массы снега к его объему. Колеблется от 0,01 (свежевыпавший снег) до 0,6 г/см^3 – плотный слежавшийся снег (весной);

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

5.3. Значение снежного покрова для сельского хозяйства

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

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

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

а) насаждение полезащитных лесополос (уменьшают скорость ветра, меньше сдувается снег с полей);

б) установка снегозадерживающих щитов (перпендикулярно господствующему направлению ветра), в результате снег меньше сдувается с полей;

в) посев высокостебельных растений с последующим оставлением стерни на зиму и др.

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

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

5.4. Продуктивная влага. Влажность устойчивого завядания

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

Вода связывается почвой с разной степенью прочности, поэтому запасы влаги в разных почвах могут различаться при одинаковой их влажности. При снижении количества воды в почве до определенного предела растение начинает завядать. Влажность почвы, при которой тургор (набухание или вздутие) растений не восстанавливается, называется *влажностью устойчивого завядания*. Эта величина практически не зависит от особенностей растений и определяется свойствами почв. Чем мельче частицы почвы, чем больше капиллярных пор и органического вещества, тем больше в почве прочносвязанной воды, недоступ-

ной для растений, и выше значения влажности завядания. Например, устойчивое завядание наступает при влажности: песка – до 1,5 %, суглинка – до 12 %, глины – до 20 %, торфа – до 50 %.

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

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

где 0,1 – коэффициент для перевода количества воды в мм слоя;

d – объемная масса почвы, г/см³;

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

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

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

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

5.5. Влагоемкость почв. Водный баланс поля

Кроме влажности завядания определяют различную *влагоемкость почв: полную, капиллярную и наименьшую*.

Полная влагоемкость определяется при заполнении водой всех пор в почве.

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

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

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

Основным элементом прихода при отсутствии орошения или осушения являются: осадки, приток в почву от грунтовых вод, приток поверхностных вод, внутрипочвенный приток, конденсация водяного пара в почве из воздуха атмосферы. Расходуется вода: на испарение растениями (транспирацию) и испарение с поверхности почвы, кото-

рые часто учитываются как суммарное водопотребление, отток за пределы корнеобитаемого слоя, поверхностный сток, внутрисочвенный сток.

Лекция 6. ВЕТЕР. ПОГОДА И ЕЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ

- 6.1. Ветер. Причины возникновения ветра.
- 6.2. Воздушные массы. Географическая классификация воздушных масс. Фронты.
- 6.3. Воздушные течения в атмосфере.
- 6.4. Понятие о погоде.
- 6.5. Прогнозирование погоды. Служба погоды.

6.1. Ветер. Причины возникновения ветра

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

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

Воздух перемещается из области высокого давления в область пониженного давления. Скорость перемещения ветра зависит от величины барического градиента. Барический градиент – это вектор, характеризующий степень изменения атмосферного давления в пространстве.

Горизонтальный барический градиент направлен по нормали к изобаре в горизонтальной плоскости, в сторону убывания давления. Горизонтальный барический градиент практически определяется падением давления в миллибарах на расстоянии, равном 1° меридиана, т. е. около 111 км (иногда берут 100 км).

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

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

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

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

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

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

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

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



Рис. 6.1



Рис. 6.2

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

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

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

6.2. Воздушные массы. Географическая классификация воздушных масс. Фронты

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

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

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

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

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

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

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

Воздушные массы отличаются друг от друга по своим физическим свойствам, основным из которых является степень нагретости, т. е. различные воздушные массы имеют различную температуру. Если одна воздушная масса приходит в непосредственное соприкосновение с другой массой, то между ними имеется узкая переходная зона, кото-

рую рассматривают как поверхность раздела между воздушными массами. Так как холодный воздух плотнее теплого, то при своем перемещении, он будет располагаться под теплым в виде клина у поверхности земли. Поверхность раздела в данном случае имеет наклон в сторону холодного воздуха. Такая поверхность раздела между различными массами воздуха называется фронтальной поверхностью, а линия пересечения ее с поверхностью земли – линией фронта, или **фронтом**. Ширина фронта может достигать нескольких десятков километров. Длина фронта – несколько сотен километров. При прохождении фронта происходят очень быстрые изменения атмосферного давления, ветра, температуры и влажности воздуха.

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

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

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

6.3. Воздушные течения в атмосфере

1. *Воздушные течения в области пониженного давления. Циклон.* Пусть имеется область пониженного атмосферного давления, представленная в виде системы замкнутых концентрических изобар.

В этой области давление понижается от периферии к центру и достигает в центре минимума. Таким образом, создается разность в давлении между периферией и центром. Барические градиенты в этой области направлены от периферии к центру, следовательно, и воздушные течения образуются в этом же направлении. На эти течения оказывает воздействие сила Кориолиса, связанная с вращением Земли вокруг своей оси. В результате воздействия этой силы, воздушные течения отклоняются вправо в северном полушарии и влево – в южном. Под совместным действием двух сил – барического градиента и силы Кориолиса – воздушные массы перемещаются в центральную часть не

по прямолинейным путям, а по путям, имеющим вид спиралеобразных кривых, которые закручиваются против часовой стрелки. Кривые, представляющие направление воздушных течений, называются линиями токов. Касательные к этим кривым в любой точке совпадают с направлением ветра в этой точке. В неподвижной области пониженного давления с круговыми изобарами линии токов у земной поверхности сходятся в точке, находящейся в центре области. Эта точка называется точкой конвергенции (рис. 6.3), и скорость ветра в ней равна нулю. В данном случае отдельные частицы воздуха перемещаются по спиральям, совпадающим с линиями токов. Если же область пониженного давления перемещается, то пути воздушных частиц будут иными. В этом случае они представляют результат сложения движений этих частиц по спиральным линиям токов и поступательного перемещения частиц вместе с областью пониженного давления. В этом случае траектории частиц будут иметь вид конвергирующих спиралей разных форм (рис. 6.4).

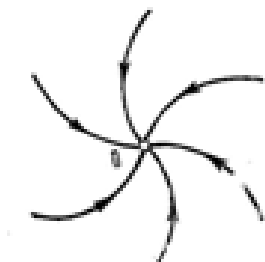


Рис. 6.3

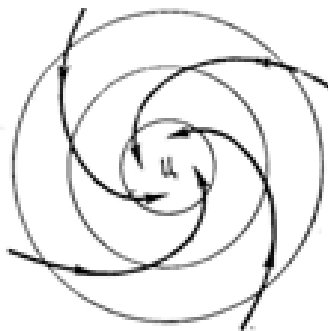


Рис. 6.4

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

В центральную часть циклона стекаются воздушные массы с его периферии, поэтому давление в центре циклона должно повышаться, величина барического градиента уменьшаться и скорость ветра осла-

бевать. Однако он существует в течение нескольких дней. Это происходит потому, что в циклоне имеют место восходящие движения воздуха, а в высоких слоях атмосферы происходит растекание воздуха, что в итоге и поддерживает пониженное давление в циклонической области. Восходящие потоки воздуха в циклоне создают благоприятные условия для конденсации водяного пара, поэтому циклоны характеризуются облачной или пасмурной погодой с осадками.

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

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

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

2. *Воздушные течения в области повышенного давления. Антициклон.* Пусть имеется область повышенного атмосферного давления, представленная в виде системы замкнутых концентрических изобар.

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

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

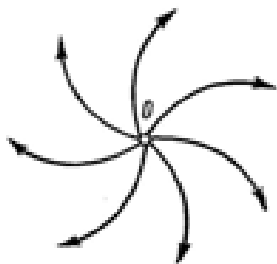


Рис. 6.5

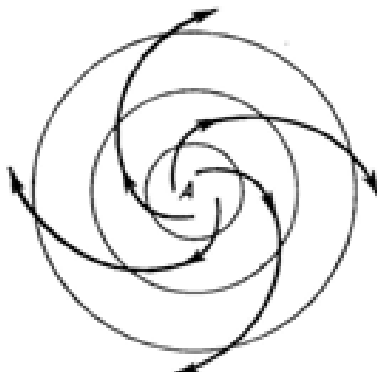


Рис. 6.6

Антициклон – область высокого давления с антициклонической системой ветров.

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

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

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

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

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

Скорость перемещения антициклона в Европе определяется в среднем около 30 км/ч. Иногда скорость достигает 80 км/ч. Очень часто

образуются малоподвижные, устойчивые антициклоны, которые длительное время застаиваются на одном месте. В теплое время года такие антициклоны на суше создают засуху. Это происходит потому, что антициклоны характеризуются нисходящими токами воздуха. Так как воздух при опускании адиабатически нагревается, то водяной пар, находящийся в воздухе, постоянно удаляется от состояния насыщения. Вследствие этого в антициклоне господствует ясная сухая погода. Летом погода жаркая, зимой – холодная, морозная.

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

6.4. Понятие о погоде

Погодой называют состояние атмосферы над данной территорией в данное время, определяемое физическими процессами, происходящими в ней при взаимодействии с подстилающей поверхностью. Погода характеризуется метеорологическими элементами – температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра, характером облачности, атмосферным давлением, осадками, а также атмосферными явлениями (туман, гроза, метель и др.). Метеорологические элементы изменяются в пространстве и во времени, поэтому погода часто отличается большим разнообразием и изменчивостью. Различают периодические и непериодические изменения погоды. *Периодические* изменения погоды обусловлены суточным и годовым ходом метеорологических элементов. *Непериодические* изменения погоды связаны с движением воздушных масс различного географического происхождения. Несовпадение фазы периодических и непериодических изменений обуславливают наиболее резкие изменения погоды. Из-за неравномерного распределения солнечного тепла происходит неравномерное нагревание земли и воздуха, что приводит к возникновению устойчивых воздушных течений большого масштаба в атмосфере, называемых *общей циркуляцией* атмосферы. Общая циркуляция характеризуется большой изменчивостью, особенно в умеренных широтах, где очень часто зарождаются вихревые возмущения в виде циклонов и антициклонов.

6.5. Прогнозирование погоды. Служба погоды

Большое экономическое значение имеет сбор информации о текущем состоянии погоды, а также ее прогнозирование на ближайшее время. Эту работу выполняет служба погоды, опирающаяся на сеть метеорологических станций.

Существует Всемирная служба погоды, которая состоит из трех компонентов: а) глобальная система наблюдений; б) глобальная система телесвязи; в) глобальная система обработки данных.

Глобальная система наблюдения состоит из национальных сетей наблюдения. Существуют наземные наблюдения, космические системы наблюдений. К наземным наблюдениям относится 8 тыс. метеостанций на земном шаре, 800 аэростанций и 7 тыс. коммерческих судов в океане. В недоступных районах существует 350 автоматических метеостанций. Кроме того, работает 600 радиолокаторов для предупреждения о штормах. В морях размещены 100 закрепленных буев и 200 дрейфующих для наблюдения за водной поверхностью и атмосферой.

К космическим наблюдениям относятся четыре полярные орбитальные станции и пять геостационарных станций. Они вращаются вокруг земного шара на высоте 800 и 1000 км. Изображения с космических спутников передается на Землю в видимом и инфракрасном диапазоне. Спутники осуществляют обзор облачности на земном шаре, вертикальное распределение температуры и влажности над земной поверхностью, наблюдают за земной и морской поверхностью, формированием и передвижением циклонов и антициклонов.

Глобальная система телесвязи. Система связи в прошлом столетии осуществлялась с помощью телефонов и телеграфа. И прогнозы погоды составлялись вручную. В настоящее время глобальная система телесвязи состоит из главной сети и региональных сетей. Существует 3 Всемирных центра погоды. Это Вашингтон, Мельбурн и Москва. Региональные центры связаны с крупными странами, и их количество составляет 15 центров. В мировых метеоцентрах получают глобальную информацию со спутников, составляют карты и прогнозы для всего земного шара или полушария. Ежедневно составляется около 2 тыс. карт. Этой информацией пользуются национальные метеостанции, которые составляют более детальные прогнозы погоды для потребителей в своей стране. В Мировых метеорологических центрах и Региональных метеорологических центрах составляются синоптические карты, т. е. географические карты, на которую условными обозначени-

ями наносят сведения о погоде, т. е. данные о температуре воздуха, влажности, атмосферном давлении и т. д. Карты составляются каждые 3 ч. Карты передаются по факсимильной связи или по компьютерным системам в органы службы на местах. Прогнозист на компьютере просматривает карты и выдает на печать необходимую информацию. Для местных прогнозов вносится определенная корректировка. На основе наблюдений составляются следующие прогнозы погоды: *краткосрочные* – на несколько часов или суток вперед (до 3 сут); *среднесрочные* – на 4–10 сут; а также *долгосрочные* – на месяц, сезон и т. д. Они используются для планирования сроков выполнения полевых работ – посева, ухода за посевами, заготовки кормов, уборки урожая и др.

На что обратить внимание!

1. *Погодой называется состояние атмосферы над данной территорией в данное время.*

2. *На земном шаре существует общая циркуляция атмосферы – совокупность всех движений воздуха, вызывающих перенос воздушных масс из одних мест в другие. Воздух перемещается из области высокого давления в область низкого.*

3. *Циклоны приносят пасмурную, с осадками погоду, антициклоны – ясную и сухую погоду.*

4. *Наблюдения за погодой и прогнозирование погоды имеют большое хозяйственное значение. Прогнозы погоды бывают краткосрочные и долгосрочные.*

Контрольные вопросы

1. Что называется погодой?
2. Что представляет собой общая циркуляция атмосферы?
3. Какова роль воздушных масс в формировании погоды?
4. Какие существуют типы воздушных масс?
5. Что называется атмосферным фронтом?
6. Что представляет собой циклоническая система ветров?
7. Какая погода формируется в циклоне?
8. Что представляет собой антициклоническая система ветров?
9. Какая погода формируется в антициклоне?
10. Какие прогнозы погоды называют краткосрочными, долгосрочными?

Лекция 7. НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

7.1. Опасные явления теплого периода года.

7.2. Опасные явления холодного периода года.

7.1. Опасные явления теплого периода года

Самым распространенным опасным явлением теплого периода года являются **заморозки**. Сведения о заморозках необходимы для обоснования размещения теплолюбивых растений, для установления сроков сева и уборки сельскохозяйственных культур. С учетом этих сведений проводится селекция культур на морозостойкость, разрабатываются меры защиты растений от заморозков.

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

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

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

Адвективные заморозки. Они возникают при вторжении в данный район достаточно холодной воздушной массы, чаще всего арктическо-

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

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

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

Классификация растений по их реакции на заморозки.

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

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

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

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

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

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

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

Закрытые бутоны яблонь, груш, слив, вишен выносят температуру до -4°C , цветки – до -2°C , плодовые завязи – до -1°C . Распустившиеся почки винограда выносят температуру до -1°C , цветки – до 0°C . Ягодники (малина, клубника) – до -2°C .

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

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

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

t – температура по сухому термометру в 13 ч;

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

A – поправка на облачность.

Для определения минимальной температуры почвы имеем:

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

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

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

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

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

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

Обогрев нижних слоев воздуха с помощью различного рода гре-лок.

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

Заморозки в Республике Беларусь. В Могилевской, Минской и Витебской областях заморозки бывают практически ежегодно. В остальных областях в основном заморозки наблюдаются в двух годах из трех. За период активной вегетации май – сентябрь в среднем может быть 2–4 дня с заморозками в воздухе и 3–7 дней с заморозками на почве. Безморозный период (т. е. промежуток времени между последним заморозком весной и первым заморозком осенью) увеличивается с севера на юг.

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

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

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

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

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

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

Селекционно-генетическое направление имеет своей целью выведение засухоустойчивых растений.

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

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

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

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

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

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

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

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

Меры борьбы с градобитиями. Борьбу с градобитиями ведут путем воздействия на процессы градообразования в облаках. Основой метода является предотвращение процесса образования крупных гра-

дин. С этой целью облака обстреливают специальными снарядами или ракетами, несущими реагент (йодистое серебро, йодистый свинец). Внесенный реагент способствует созданию огромного количества ядер кристаллизации (из 1 г реагента получается 10^{12} ядер конденсации). Это препятствует образованию крупных градин. Мелкие градины тают в нижних теплых слоях воздуха, и образуется дождь.

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

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

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

Меры борьбы с водной эрозией:

- 1) размещение сельскохозяйственных культур с учетом их почвозащитной способности: на склонах размещают многолетние травы, зернобобовые, пожнивные культуры;
- 2) обработка почвы и посев культур поперек склонов;
- 3) лесонасаждение и оврагоукрепление;
- 4) преобразование эрозионно опасных форм рельефа – террасирование, т. е. создание ступенчатых террас.

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

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

Ежегодно на территории республики бывает 1–2 смерча.

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

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

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

7.2. Опасные явления холодного периода года

В холодное время года также наблюдаются метеорологические явления, вызывающие повреждения культурных растений.

На территории Республики Беларусь могут наблюдаться следующие основные опасные явления.

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

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

В Республики Беларусь зарегистрированный минимум температуры почвы на глубине узла кушения составляет 22 °С. Опасно низкие температуры отмечаются в республике с декабря по февраль, лишь на крайнем востоке – в Могилевской области, возможны и в марте. В годы их формирования в течение зимы бывает в среднем около четырех дней с опасно низкой температурой почвы на глубине узла кушения (≤ -15 °С). Наиболее продолжительное понижение температуры почвы на глубине узла кушения было в 1972 г. в Костюковичах. Оно сохранялось 15 дней. В эту зиму сохранение низкой температуры наблюдалось продолжительное время и, как следствие, в ряде областей республики отмечалось вымерзанием посевов озимых.

Вымокание растений происходит вследствие застоя талой воды на полях. Наиболее часто бывает оно на тяжелых суглинистых почвах, в пониженных формах рельефа.

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

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

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

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

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

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

Меры борьбы. Увеличение снежного покрова на полях посредством снегозадержания.

Лекция 8. КЛИМАТ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

8.2. Методика сельскохозяйственной оценки климата.

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

Климат – это закономерная последовательность атмосферных процессов, возникающая в данной местности в результате взаимодействия атмосферной циркуляции, солнечной радиации и физических явлений, происходящих на подстилающей поверхности. Климат характеризуют средними величинами и крайними значениями температуры и влажности воздуха, облачности, осадков, ветров, полученными на основе многолетних наблюдений.

Климат формируется под влиянием ряда факторов, важнейшим из них является *солнечная радиация*. Количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, зависит от географической широты. С широтой местности связана полуденная высота Солнца над горизонтом и продолжительность дня и ночи, а значит – приход и расход солнечной радиации.

Большое климатообразующее значение имеет *атмосферная циркуляция*. С ней связан перенос теплых и холодных воздушных масс и перераспределение тепла между участками поверхности земного шара. На формирование климата оказывают также влияние *физические процессы и явления, происходящие на подстилающей поверхности* – на воде и суше. Вода обладает большой теплоемкостью, поэтому она медленно нагревается и медленно охлаждается, вследствие этого океаны, моря и крупные водоемы играют роль регуляторов тепла, уменьшая

годовые и суточные колебания температуры. В холодное время года океаны выделяют много тепла, накопленного за теплые месяцы, и это влияет на температуру воздуха, которая над океаном выше, чем над сушей. Суша нагревается и охлаждается быстрее, чем вода. Это приводит к большим колебаниям температуры суши и воздуха над ней.

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

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

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

Общеизвестно, что Солнце – основной источник лучистой энергии. Еще древние греки установили значение солнечной энергии для климата Земли – ведь слово «климат» в переводе с греческого означает «наклон», т. е. угол падения солнечных лучей. Действительно, чем ниже Солнце над горизонтом, тем меньше лучистой энергии приходит на земную поверхность. Количество солнечной энергии, поступающей на земную поверхность, зависит от географической широты. Последняя в данной местности определяет полуденную высоту Солнца над горизонтом и продолжительность дня и ночи, а следовательно, и приход-расход лучистой энергии Солнца. Чем дальше от экватора к полюсу, тем меньше солнечного тепла получает единица поверхности Зем-

ли из-за большого наклона солнечных лучей. Например, суммарная радиация за Полярным кругом достигает всего 2300–2500 МДж/м² в год, тогда как в тропиках она колеблется от 5850 до 9200 МДж/м².

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

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

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

Существенное влияние на климат оказывают морские течения. Теплые течения, направленные в высокие широты, например Гольфстрим, создают на омываемых ими берегах особый климат с очень теплой зимой и малой годовой амплитудой колебания температуры. Например, в Мурманске наблюдается такая же средняя месячная тем-

пература января, как в Волгограде, расположенном значительно южнее: -10°C . На берегах, омываемых теплым течением, выпадает повышенное количество осадков, причем осадки часто сопровождаются грозами и бурями.

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

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

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

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

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

По классификации российского ученого, академика Л. С. Берга выделено **12 типов климата**, которые близки к ландшафтно-географическим зонам: *вечного мороза, тундры, тайги, лиственных лесов умеренной зоны, муссонный умеренных широт, степей, субтропический средиземноморский, субтропических лесов, внутриматери-*

ковых пустынь умеренного пояса, тропических пустынь, саванн (тропическая лесостепь) и влажных тропических лесов.

На территории России представлены следующие типы климатов.

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

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

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

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

Зона климата лиственных лесов простирается от западных границ России до р. Оби в районе Новосибирска. Эта зона в Сибири ограничена с севера и востока низкими температурами зимы, с юга – сухим жарким летом. Зима в западных районах этой зоны мягкая, с частыми

оттепелями, пасмурная, на востоке более суровая, по зоне средняя температура января колеблется от -4 до -18 °С, лето более теплое. Средняя температура июля – $17-20$ °С. Разность средней месячной температуры воздуха января и июля в Москве – 28 °С, в Новосибирске – 38 °С. Рост амплитуды годового хода температуры воздуха характеризует увеличение континентального климата с запада на восток. В этом же направлении отмечается уменьшение годовой суммы осадков от 600 до 400 мм.

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

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

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

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

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

Нет никакого сомнения, что на протяжении истории Земли вместе со всей земной природой менялся и климат. Геологические данные

показывают, что изменения климата в прошлом Земли были очень глубокими и охватывали сотни миллионов лет.

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

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

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

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

возможно при ледовом покрове нынешних зим. С середины XIX в. началось, по мнению большинства ученых, потепление.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На климат оказывает воздействие и *хозяйственная деятельность человека*: вырубка лесов, осушение болот, насаждение новых лесов, создание водохранилищ и т. д., а также выбрасывание в атмосферу тепла и продуктов горения, загрязняющих веществ.

Изменение климата. В последние десятилетия изменение климата выражается в потеплении, которое в значительной мере определяется ростом парниковых газов в атмосфере, а в отдельные месяцы и мелиорацией обширных территорий на юге республики. Обнаружено

уменьшение атмосферных осадков в южной мелиорированной части республики, а в северной части отмечен незначительный рост атмосферных осадков. В целом по республике наблюдается уменьшение выпадающих осадков, начиная с 50-х годов прошлого века. Установлено увеличение числа экстремальных климатических явлений, таких как засухи, наводнения, шквалы, смерчи, увеличилось количество теплых зим в последние десятилетия.

8.2. Методика сельскохозяйственной оценки климата

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

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

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

Наиболее широко для сельскохозяйственной оценки климата используют следующие показатели: сумма активных температур, средняя температура самого теплого месяца, продолжительность вегетационного периода (при оценке термических ресурсов вегетационного периода); сумма осадков, коэффициенты увлажнения, запасы продук-

тивной влаги (при оценке увлажнения вегетационного периода); средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха и почвы, средняя температура самого холодного месяца, высота снежного покрова (для характеристики условий зимнего периода). Сопоставляя значения этих показателей с потребностью сельскохозяйственных культур в тепле, во влаге и с критическими температурами растений, можно определить степень соответствия агроклиматических ресурсов любой территории требованиям сельскохозяйственных культур.

Необходимо отметить, что приведенные выше оценки теплообеспеченности, увлажнения и перезимовки растений справедливы для открытых ровных территорий. Обусловлено это тем, что значения всех агроклиматических показателей получены на основании измерений, проводимых на метеорологических станциях, расположенных на открытых ровных участках. В связи с неоднородностью подстилающей поверхности (неровности рельефа, наличие крупных водоемов, лесных массивов и т. п.) в пределах одной климатической зоны всегда можно выделить большое число «микроклиматических» зон, существенно различающихся между собой по радиационному, тепловому и водному балансам и их составляющим, т. е. по климатическому потенциалу, а следовательно, и по условиям произрастания сельскохозяйственных культур. Поэтому при сельскохозяйственной оценке климата необходимо учитывать эти микроклиматические различия, или микроклимат.

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

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

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

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

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

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

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

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

Агроклиматические показатели. При оценке климата для сельскохозяйственного производства учитывают термические и световые условия вегетационного периода, условия увлажнения, режим осадков и влажности воздуха и почвы, условия перезимовки озимых и многолетних растений, минимальные температуры воздуха и почвы, высоту снежного покрова, неблагоприятные или опасные для сельского хозяйства метеорологические явления. В качестве агроклиматических показателей потребности растений в тепле за период вегетации используют *суммы активных или эффективных температур*. Суммы активных и эффективных температур рассчитаны почти для всех культурных растений, их сортов и гибридов. К агроклиматическим показателям относятся также *критические температуры*, определяющие гибель растений. К агроклиматическим показателям потребности растений во влаге относятся *запасы продуктивной влаги*, обеспечивающие формирова-

ние урожая, а также различные *показатели увлажнения*. Кроме того, определяются критические значения влажности почвы, вызывающие повреждения или гибель растений. По показаниям приборов на метеостанциях определяют ресурсы климата. Температуру и влажность воздуха определяют по показаниям сухого и смоченного термометров, расположенных в будке на высоте 2 м. Количество осадков определяют осадкомером на высоте 2 м от земли. Но у самой поверхности почвы температура и влажность воздуха могут значительно отличаться от их значений на высоте 2 м. Поэтому изучают климат приземного слоя воздуха и климат в посеве, или *фитоклимат*. *Микроклимат* – это климат небольших территорий, сформировавшийся под влиянием рельефа местности и имеющий своеобразие режима радиации, увлажнения, температуры почвы и воздуха, скорости ветра. Выделяют микроклимат склонов, лугов, полей, лесной поляны, долин, вершин холмов. Например, на южных склонах почва быстрее прогревается, здесь раньше тает снег и просыхает почва, поэтому здесь возможен более ранний сев, а также выращивание более теплолюбивых культур.

Агроклиматическое районирование. *Агроклиматическое районирование* – это деление территории на отдельные районы по принципу сходства и различия их агроклиматических условий. Оно основывается на дифференцированной оценке значения факторов климата для жизни растений и дает научное обоснование размещения сельскохозяйственных культур и приемов их возделывания в различных климатических зонах. Различают общее и частное агроклиматическое районирование. При *общем* агроклиматическом районировании территорию условно разделяют на части по показателям обеспеченности теплом и влагой вегетационного периода, а также по условиям перезимовки. Районирование по обеспеченности теплом производят на основе распределения по территориям средних многолетних сумм активных температур. Районирование по обеспеченности влагой производят на основании гидротермического коэффициента (ГТК) или иных показателей увлажнения. Условия перезимовки оценивают по значению среднего из абсолютных минимумов температуры воздуха и по высоте снежного покрова.

При *частном* агроклиматическом районировании производят сопоставление потребностей различных растений с агроклиматическими ресурсами. Для этого учитывают суммы эффективных температур, критические низкие и высокие температуры, запасы продуктивной влаги в почве в различные периоды вегетации, устойчивость сортов к засухе и другим неблагоприятным метеорологическим условиям.

Частное агроклиматическое районирование обычно проводят для специализации сельского хозяйства и отдельных приемов агротехники, для отдельных культур или сельскохозяйственных животных с учетом 80–90 % обеспеченности средних многолетних значений метеорологических величин.

Климатические ресурсы Республики Беларусь. Температурный режим в Республике Беларусь в теплое время года формируется в зависимости от широты местности. Южные районы Беларуси получают большее количество солнечной энергии, поэтому температура воздуха в северных и южных районах Беларуси летом может значительно отличаться. В среднем температура воздуха повышается на 0,5 °С с продвижением на 200 км к югу. В холодное время года наиболее теплыми оказываются юго-западные районы Беларуси, а наиболее холодными – северо-восточные. В среднем на каждые 100 км к востоку температура воздуха понижается на 0,5 °С. Среднегодовая температура воздуха в республике приближается к 6 °С. Максимальные температуры воздуха достигали 35–38 °С в различных областях, минимальные –35...–41 °С. Период вегетации растений в республике составляет около 190 дней и за это время накапливается в среднем 2600 °С активных температур. В Республике Беларусь наблюдается повышенная влажность воздуха. В холодное время года относительная влажность колеблется в пределах 80–90 %. Минимальная влажность наблюдается в мае – около 65–70 %. Парциальное давление изменяется от 3 гПа в январе до 15 гПа в июле. За год выпадает в среднем 600–700 мм осадков и республика относится к зоне достаточного увлажнения. В дождливые годы количество осадков достигает 1000 мм. В засушливые годы выпадает около 300 мм осадков. Засушливые периоды связаны с неравномерным выпадением осадков. Наибольшее количество осадков выпадает в центральной возвышенной части Республики Беларусь. Около 70 % годовой нормы осадков приходится на теплый период года. За сутки может выпасть от 0,1 до 100 мм осадков. За год может наблюдаться в среднем от 150 до 190 дней с осадками. Высота снежного покрова в среднем колеблется от 15 см на юго-западе до 30 см на севере и северо-востоке. Снежный покров может залегать в различных областях от 75 до 125 дней.

На что обратить внимание!

1. Климат данной местности формируется под воздействием солнечного излучения, движения воздушных масс с учетом рельефа местности.

2. Основными климатообразующими факторами являются: солнечная радиация, общая циркуляция атмосферы, физические процессы и явления, происходящие на подстилающей поверхности – воде и суше.

3. При оценке климата для сельскохозяйственного производства следует обратить внимание на температурные и световые условия периода роста растений, условия увлажнения, условия перезимовки озимых и многолетних растений.

4. Агроклиматическими условиями произрастания сельскохозяйственных культур являются сумма активных и эффективных температур, требующихся от посева до созревания культур; длительность беззаморозкового периода, влагообеспеченность культур, характеристика условий перезимовки озимых и многолетних культур, учет повторяемости опасных явлений, таких как вымерзание, вымокание и др.

Контрольные вопросы

1. Что называется климатом? Назовите основные климатообразующие факторы.
2. Какие агроклиматические показатели используют при оценке климата для сельскохозяйственного производства?
3. Что представляет собой фитоклимат, микроклимат?
4. Что понимают под агроклиматическим районированием?
5. В чем заключаются общее и частное агроклиматическое районирование?
6. Назовите основные климатические ресурсы Республики Беларусь.

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

- 9.1. Организация и основные задачи агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.
- 9.2. Основные наблюдения, проводимые на гидрометеорологических станциях и постах.
- 9.3. Основные виды и формы агрометеорологической информации.

9.1. Организация и основные задачи агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства

Основным принципом, положенным в основу агрометеорологических наблюдений, является параллельность наблюдений за агрометеорологическими величинами, за состоянием почвы, состоянием и развитием культурных и дикорастущих растений. Результаты этих наблюдений являются основой для сельскохозяйственной оценки климата и методов агрометеорологических прогнозов.

9.2. Основные наблюдения, проводимые на гидрометеорологических станциях и постах

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

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

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

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

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

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

На метеорологических станциях ведут круглосуточные наблюдения за погодой.

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

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

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

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

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

Агрометеорологическая часть состоит из следующих наблюдений и определений.

В *теплый период* года на полях с посевами проводят следующие наблюдения:

– *фенологические наблюдения за наступлением фаз развития растений* проводятся через день по четным числам. При этом осматриваются 40 растений, по 10 растений в четырех местах участка. Если 10 % растений вступило в новую фазу, то отмечается начало наступления фазы, если 50 % вступило в фазу, то отмечается массовое наступление фазы;

– *определение густоты посева.* При рядовом посеве подсчитывается число растений в рядке на двух смежных рядках длиной 0,5 м при узкорядном посеве и на двух смежных рядках длиной 5 м при широко-рядном посеве, затем результаты подсчетов складываются, сумма делится на четыре и частное умножается на число рядков, приходящихся на 1 м погонный;

– *измерение высоты растений* производится у зерновых культур. У корнеплодов, бахчевых и овощных культур эти наблюдения не требуются. У полевых культур измеряется высота каждого из 40 растений в день массового наступления фазы и в последний день декады.

В полевых условиях оценивают также влажность почвы, засоренность посевов, состояния пастбищ; повреждение растений неблагоприятными метеорологическими явлениями, вредителями и болезнями; полегание посевов, влажность соломы и зерна и его прорастание при неблагоприятных условиях уборки; качество проведения полевых работ с учетом влияния на них погодных условий. Состояния посевов оценивают по пятибалльной шкале глазомерно. Пяти баллам соответствует отличное состояние растений, отсутствие сорняков и повреждений.

Зимой ведут наблюдения:

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

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

У плодовых культур через 5–7 суток после сильных морозов (–25...–30 °С) срезают одно- и двулетние ветки и ставят в сосуд с теплой водой на 20–25 сут. Затем подсчитывают общее число почек на ветке, а также число набухших и распутившихся. Нераспутившиеся почки считают поврежденными (на срезе они имеют бурую или желтоватую окраску). Кроме того, также по окраске среза определяют степень повреждения древесины. Результаты наблюдений после их первичной обработки и контроля на станциях передают по специальным

каналам в межрегиональные территориальные УГМС и их областные и краевые оперативно-производственные сетевые организации, а оттуда в Гидрометцентр.

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

Агрометеорологические прогнозы. *Агрометеорологические прогнозы* – научно обоснованные предположения о влиянии на состояние и продуктивность сельскохозяйственных растений ожидаемых агрометеорологических условий. В процессе составления агрометеорологических прогнозов вскрываются сложные связи между исходным и конечным состояниями явления или процесса в системе почва – растение – атмосфера. Методы агрометеорологических прогнозов основаны на количественных зависимостях прогнозируемой переменной от состояния предикторов (предсказателей) на дату прогноза. Для составления агрометеорологического прогноза используют информацию о предикторах, источником которой являются материалы маршрутных обследований и наблюдений метеорологических станций. Оправданность прогнозов довольно высокая (80–90 % и более), так как при их составлении учитывают исходное состояние посевов, сложившиеся агрометеорологические условия на дату составления и наиболее важные инерционные факторы, сохраняющие свое влияние длительное время. Следует иметь в виду, методы агрометеорологических прогнозов не являются универсальными. Каждый метод может быть применим только для определенной климатической зоны, почвенных условий, сортов и т. д.

Виды агрометеорологических прогнозов. Агрометеорологические прогнозы по содержанию можно подразделить на пять основных групп: прогнозы агрометеорологических условий; фенологические; состояния зимующих культур весной; урожайности основных сельскохозяйственных культур, трав, пастбищной растительности и качества урожая; эффективности отдельных агротехнических и мелиоративных мероприятий. Наиболее часто составляются следующие прогнозы: прогноз запасов продуктивной влаги в почве; прогноз теплообеспеченности вегетационного периода; прогнозы агрометеорологических условий развития и роста сельскохозяйственных культур; прогноз

условий уборки зерновых культур; прогноз сроков начала весенних полевых работ; прогнозы сроков появления и распространения болезней и вредителей растений.

Методика **прогнозирования теплообеспеченности вегетационного периода** разработана Ф. Ф. Давитая и основывается на связи сумм активных температур с датой устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10 °С весной. Чем раньше наступит эта дата, тем большая сумма температур накопится за период активной вегетации. Составив этот прогноз после устойчивого перехода температуры через 10 °С, можно определить достаточно ли будет тепла для вызревания теплолюбивых культур в этом году. В общей форме уравнение связи имеет вид:

$$S = a - \epsilon \cdot Д,$$

где S – прогнозируемая сумма активных температур >10 °С;

a и ϵ – числовые коэффициенты, зависящие от места расположения района (станции);

$Д$ – дата весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через 10 °С, выраженная числом дней от 01.04 или 01.05. в зависимости от того, на какой месяц приходится самая ранняя дата перехода температуры через 10 °С.

Прогноз появления колорадского жука. Метод прогнозирования появления этого опасного вредителя картофеля и других пасленовых растений разработал В. В. Вольвач. Началом выхода жуков из почвы весной считается дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10 °С. С помощью этого прогноза можно определить продолжительность периода (y) от выхода жуков до начала яйцекладки:

$$y = 94,6 + 0,221t^2 - 8,738t + 4,15d,$$

где t – среднесуточная температура воздуха за этот период (фактическая, по прогнозу или климатическая норма), °С;

d – разность между максимальной длиной дня 21.06 на данной широте местности и длиной дня на дату выхода жуков из почвы (часов).

Применив этот метод, рассчитывают оптимальные сроки химических обработок картофеля с целью уничтожения вредителя.

Прогноз сроков наступления основных фаз развития растений. Прогноз наступления фазы восковой спелости у зерновых культур определяет сроки их уборки. Как известно, скорость развития растений

с повышением температуры до определенных значений увеличивается. При теплой погоде фазы развития растений будут наступать раньше, чем при прохладной. Продолжительность межфазного периода можно выразить уравнением:

$$n = A / (t - t_{б. м}),$$

где n – продолжительность межфазного периода;

A – сумма эффективных температур, необходимая для наступления данной фазы;

t – средняя суточная температура данного периода;

$t_{б. м}$ – биологический минимум температуры растения в данной фазе.

На основании этого уравнения А. А. ШигOLEV разработал метод прогноза сроков наступления фаз развития растений. Были установлены суммы эффективных температур выше 5 °С, необходимые для наступления основных фаз развития зерновых и плодовых культур. Для большинства сортов яровой пшеницы сумма эффективных температур за период выход в трубку – колошение составляет: для раннеспелых сортов – 283–305 °С, для среднеспелых – 305–375 °С, для поздних – 375–400 °С. А для периода колошение – восковая спелость – 490–540 °С. Прогноз наступления каждой фазы рассчитывается по уравнению:

$$D_2 = D_1 + A / t - 5,$$

где D_1 – дата наступления предшествующей фазы;

D_2 – дата наступления ожидаемой фазы;

A – сумма эффективных температур между этими фазами;

t – ожидаемая средняя суточная температура воздуха за межфазный период.

Например: рассчитаем срок наступления фазы восковой спелости у яровой пшеницы. Пусть дата наступления фазы колошения, т. е. предшествующей фазы, будет 23 июня, тогда $D_1 = 23$ июня; сумма эффективных температур, необходимая для наступления фазы восковой спелости, равна 490 °С; прогнозируемая средняя температура воздуха $t = 21$ °С. Подставим эти данные в уравнение ШигOLEVA и получим $D_2 = 23.06 + 490 / 21 - 5 = 23.06 + 30.06 = 24.07$, т. е. вступление растений в фазу восковой спелости ожидается 24 июля.

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

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

Успешность применения любых систем земледелия и агротехнических приемов определяется тем, насколько эффективно удастся бороться с опасными метеорологическими явлениями: засухой, заморозками, градобитиями и т. д., и тем, насколько полно используются в процессе формирования урожая имеющиеся почвенно-климатические ресурсы: свет, тепло, влага и питательные элементы.

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

- при составлении долгосрочных проектов повышения почвенного плодородия, проектировании мелиоративных сооружений, районировании производства и т. д.;
- планировании агротехнических мероприятий на предстоящий вегетационный период;
- оперативном управлении технологическими процессами и дифференцированном применении агротехнических приемов в соответствии со складывающимися и ожидаемыми (прогнозируемыми) условиями в период вегетации.

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

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

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

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

9.3. Основные виды и формы агрометеорологической информации

Оперативные подразделения Белгидромета совместно с Гидрометцентром регулярно обеспечивают все службы сельскохозяйственного производства различными видами метеорологических, агрометеорологических и гидрологических материалов, основными из которых являются следующие.

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

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

3. Агрометеорологические прогнозы.

4. Предупреждения об опасных гидрометеорологических явлениях.

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

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

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

– ежедневный гидрометеорологический бюллетень;

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

- доклад «О гидрометеорологических условиях (за прошедший месяц) и их влиянии на деятельность народного хозяйства»;
- обзор агрометеорологических условий за сельскохозяйственный год;
- агрометеорологические ежегодники;
- агрометеорологические справки, рекомендации и устные консультации;
- выступления по радио, телевидению, публикации агрометеорологических обзоров в газетах.

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

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

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

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

На что обратить внимание!

1. Основным принципом, положенным в основу агрометеорологических наблюдений, является параллельность наблюдений за агрометеорологическими величинами, за состоянием почвы и развитием растений.

2. В теплый период года проводятся наблюдения за прохождением фаз развития растений, густотой и высотой растений, засоренностью посевов, повреждением неблагоприятными явлениями погоды, вредителями и болезнями; за формированием элементов продуктивности с определением структуры урожайности культур, а также за состоянием пастбищ и проведением полевых работ с учетом влажности почвы.

3. Агрометеорологические прогнозы – научно обоснованные предположения о влиянии на состояние и продуктивность сельскохозяйственных растений ожидаемых агрометеорологических условий.

Контрольные вопросы

1. Какой основной принцип положен в основу агрометеорологических наблюдений?
2. Какие агрометеорологические наблюдения проводятся в теплый и зимний период года?
3. Какую информацию используют для составления агрометеорологических прогнозов?
4. Какие основные виды агрометеорологических прогнозов вы знаете?
5. Как проводятся фенологические наблюдения за наступлением фаз развития растений?

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	4
Лекция 1. АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ.....	5
1.1. Атмосфера и ее физические свойства.....	5
1.2. Атмосфера Земли.....	6
1.3. Атмосферное давление.....	10
Лекция 2. СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАСТЕНИЯ.....	11
2.1. Виды солнечной радиации.....	12
2.2. Радиационный и тепловой баланс земной поверхности.....	14
2.3. Спектральный состав солнечной радиации и его воздействие на растения.....	17
2.4. Фотосинтетически активная радиация (ФАР).....	19
2.5. Биологическое значение солнечной радиации.....	19
Лекция 3. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ.....	21
3.1. Процессы нагревания и охлаждения воздуха.....	21
3.2. Изменение температуры воздуха с высотой.....	22
3.3. Суточный и годовой ход температуры воздуха.....	23
3.4. Характеристики температурного режима воздуха.....	23
3.5. Теплофизические характеристики почвы.....	26
3.6. Суточный и годовой ход температуры почвы.....	27
3.7. Промерзание и оттаивание почвы.....	27
3.8. Оптимизация температурного режима почвы.....	28
Лекция 4. ВОДЯНОЙ ПАР В АТМОСФЕРЕ.....	29
4.1. Характеристики влажности воздуха.....	29
4.2. Испарение. Испаряемость. Конденсация. Сублимация.....	32
4.3. Продукты конденсации и сублимации водяного пара на земной поверхности.....	34
4.4. Продукты конденсации и сублимации водяного пара в свободной атмосфере.....	35
Лекция 5. ОСАДКИ. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ. ПРОДУКТИВНАЯ ВЛАГА.....	36
5.1. Виды осадков.....	37
5.2. Снежный покров и его характеристики.....	38
5.3. Значение снежного покрова для сельского хозяйства.....	39
5.4. Продуктивная влага. Влажность устойчивого завядания.....	39
5.5. Влагоемкость почв. Водный баланс поля.....	40
Лекция 6. ВЕТЕР. ПОГОДА И ЕЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ.....	41
6.1. Ветер. Причины возникновения ветра.....	41
6.2. Воздушные массы. Географическая классификация воздушных масс. Фронты.....	43
6.3. Воздушные течения в атмосфере.....	45
6.4. Понятие о погоде.....	49
6.5. Прогнозирование погоды. Служба погоды.....	50
Лекция 7. НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ.....	52
7.1. Опасные явления теплого периода года.....	52
7.2. Опасные явления холодного периода года.....	58
Лекция 8. КЛИМАТ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	60
8.1. Понятие о климате и климатообразующих факторах. Классификация климатов СНГ. Изменение климата.....	60

8.2. Методика сельскохозяйственной оценки климата	69
Лекция 9. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ.	
АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	74
9.1. Организация и основные задачи агрометеорологического	
обеспечения сельского хозяйства	75
9.2. Основные наблюдения, проводимые на гидрометеорологических	
станциях и постах	75
9.3. Основные виды и формы агрометеорологической информации.....	82

Учебное издание

Кириленко Людмила Еруслановна
Цвыр Андрей Васильевич

ФИЗИКА С ОСНОВАМИ
АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *С. Н. Кириленко*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 17.12.2024. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 4,62.
Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.