

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

А. И. Юсов

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для
студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2024

УДК 632.112:633.1

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии
института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ»

Е. А. Барановская

Юсов, А. И.

Агрометеорология: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агрометеорология» / А. И. Юсов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 51 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Агрометеорология» представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, включающие цели лабораторного занятия, план его проведения, перечень используемых материалов и оборудования, алгоритм проведения опыта для направления подготовки 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

Табл. 1, список лит. – 3 наименования

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой агрономии и агроэкологии 19 марта 2024 г., протокол № 10

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Агрометеорология» рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 марта 2024 г., протокол № 13

УДК 632.112:633.1

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2024 г.
© Юсов А. И., 2024 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ.....	5
2 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	47
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ.....	48
4 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	50

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области агрометеорологии, являющихся основой для решения профессиональных задач агрономии, а также компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Дисциплина «Агрометеорология» относится к основной профессиональной образовательной программе бакалавриата по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение.

В результате выполнения лабораторных работ по дисциплине «Агрометеорология» обучающийся должен:

знать:

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

уметь:

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

владеть:

- навыками описания и учета агрометеорологических условий произрастания растений.

1. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Лабораторные работы предназначены для формирования систематизированных знаний и получения практических навыков в области агрометеорологии, являющихся основой для решения профессиональных задач агрономии.

Отчет по выполнению лабораторной работы должен содержать краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторной работы и вывод.

При подготовке к защите лабораторной работы по данной теме следует ответить на контрольные вопросы. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета о работе и на основании ответов студента на вопросы по теме лабораторной работы.

Защита результатов лабораторных работ является формой контроля текущей успеваемости студента.

Тематический план лабораторных работ (ЛР) представлен в таблице.

Таблица – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛР

Номер лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Количество часов ЛР очная форма
1	Измерение атмосферного давления	2
2	Наблюдение за солнечной радиацией	2
3	Наблюдение за температурой воздуха	2
4	Измерение температуры почвы	2
5	Измерение влажности воздуха	2
6	Наблюдения за облаками	2
7	Наблюдение за выпадающими осадками, измерение уровня осадков	2
8	Измерение направления и скорости ветра	2
9	Наблюдения за снежным покровом	2
10	Измерение влажности почвы	2
11	Прогноз заморозков	2
12	Прогноз запасов продуктивной влаги в почве к началу полевых работ	2
13	Прогнозы наступления фаз развития сельскохозяйственных культур	2
14	Прогноз сроков цветения плодовых культур	2
15	Расчет урожая сельскохозяйственных культур	2
		30

Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Измерение атмосферного давления

Цель работы. Формирование знаний по основным физическим свойствам атмосферы, её газовом составе, атмосферном давлении и методах его измерения и умений работы с метеорологическими приборами для измерения атмосферного давления.

Задание. Изучить устройство и принцип работы ртутного чашечного барометра. Сделать отсчет температуры по термометру при барометре с точностью до 0,5 °С. В показания барометра ввести постоянную и температурную поправки. Вычислить барическую ступень. Привести давление к уровню моря. Результаты измерений и вычислений давления оформить в табличной форме.

Оборудование и материалы. Ртутный чашечный барометр, инструментальная поправка, широта и высота местности.

Теоретические сведения. Атмосферное давление, отражая различные процессы в атмосфере, позволяет ориентировочно судить о физических свойствах воздуха атмосферы, что используется для прогноза погоды на ближайшее время. Постепенное значительное падение давления в течение нескольких часов, особенно с усилением облачности, обычно предвещает ухудшение погоды и выпадение осадков. Быстрое повышение давления предшествует прояснению неба после пасмурной дождливой погоды. Ровный ход давления – признак сохранения текущей погоды без существенных изменений.

Давление воздуха в сельском хозяйстве измеряют главным образом для следующих целей: при барометрических нивелировках местности для составления планов землепользования, а также при краткосрочных предсказаниях погоды по местным признакам. В соответствии с этими задачами используются разные приборы по измерению атмосферного давления.

Для измерения атмосферного давления применяют *ртутные* и *деформационные барометры* разных типов, а для непрерывной регистрации давления используется *барограф*.

В ртутных барометрах измерение давления основано на изменении высоты ртутного столба, уравнивающего атмосферное давление, а в деформационных – на зависимости упругой деформации твердых тел от оказываемого на них давления.

Стационарный чашечный барометр СР состоит из двух основных частей: стеклянной трубки длиной около 80 см, запаянной с верхнего конца, и чашки, заполненной ртутью.

Стеклянная трубка с ртутью заключена в металлическую оправу. В нижней части трубки укреплен термометр для измерения температуры прибора. В верхней части оправы имеется сквозная прорезь, позволяющая видеть мениск ртутного столба в стеклянной трубке. С левой стороны прорези нанесена шкала с пределами измерений давления воздуха. Нуль шкалы совпадает с уровнем ртути в чашке. Вдоль стеклянной трубки с помощью кремальеры перемещается

кольцо с укрепленным на нем нониусом, который служит для наводки на мениск ртутного столба и для отсчета десятых долей. В верхней части оправы укреплено кольцо для подвешивания барометра.

На показания барометра оказывают влияние температура воздуха, широта местности, высота расположения барометра над уровнем моря и точность изготовления прибора.

Показания барометра приводят к показаниям при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, к широте 45° и к уровню моря. Если метеорологическая станция расположена на высоте меньше 400 м, то в показания барометра не вводят поправку на высоту.

Температурная поправка ΔP_T определяется по формуле (1):

$$\Delta P_T = -0,000163ht, \quad (1)$$

где t – температура барометра, $^{\circ}\text{C}$; h – высота ртути в барометре, мм рт. ст. или в мбар (гПа).

Поправка на ускорение свободного падения ΔP_g зависит от широты местности (2):

$$\Delta P_g = -0,00265h \cos 2\varphi, \quad (2)$$

где φ – широта места расположения прибора, h – высота ртути в барометре.

Инструментальная поправка зависит от несовершенства прибора и определяется сравнением показаний данного барометра с показаниями выверенного барометра. Эта поправка указывается в поверочном свидетельстве прибора.

Инструментальная поправка и поправка на распределение ускорения свободного падения для данного барометра объединяются в одну *постоянную поправку*.

Для приведения исправленного давления воздуха к уровню моря необходимо вычислить барическую ступень. *Барической ступенью* называется высота, на которую необходимо подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на одну единицу. Барическая ступень H вычисляется по формуле (3)

$$H = \frac{8000}{P}(1 + \alpha t), \quad (3)$$

где P – давление, мм рт. ст., гПа; t – температура в той точке, для которой вычисляется барическая ступень; 8000 м – высота однородной атмосферы, где плотность воздуха считается постоянной; α – коэффициент объемного расширения воздуха, равный $0,00366\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Для приведения давления к уровню моря (P_m) надо к исправленному показанию давления P_u прибавить отношение высоты места над уровнем моря H_1 к барической ступени H (4):

$$P_m = P_u + \frac{H_1}{H}. \quad (4)$$

Ход работы. Подготовка прибора к работе. Чашечный барометр размещается вдали от нагревательных приборов и от мест с резкой сменой температуры. Когда прибор установлен, отвинчивают на один-два полных оборота винт и впускают атмосферный воздух в чашку. При таком положении

барометр готов к работе. Выполнение отсчета температуры по термометру при барометре с точностью до 0,5 °С:

а) слегка постучать пальцем по барометрической трубке и с помощью кремальерного винта опустить нониус до соприкосновения с вершиной мениска ртути.

б) по основной шкале прибора отсчитать показание давления с точностью до целых единиц, которые укладываются до нулевого деления нониуса. Номер деления нониуса, совпадающего с делением основной шкалы, показывает число десятых долей единиц измерения (мм рт. ст. или гПа).

Постоянная поправка состоит из суммы инструментальной поправки и поправки на силу тяжести, зависящей от широты и высоты места наблюдений. Если метеостанция расположена на высоте ниже 400 м над уровнем моря, то в показание барометра поправка на высоту не вводится.

Температурная поправка вводится в показания барометра потому, что с изменением температуры ртути и шкалы прибора изменяются и показания столбика ртути. При положительных температурах поправка имеет знак минус. Поправки для приведения показаний давления к широте и к 0 °С определяются по таблицам поправок.

Вычисление барической ступени производится по формуле (3). В формуле (3) давление исправленное. Приведение давления к уровню моря проводится по формуле (4).

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. В каких единицах измеряется атмосферное давление? Каковы соотношения между единицами давления?
2. По какому принципу устроен ртутный чашечный барометр?
3. Какие поправки вводятся в отсчет ртутного барометра?
4. Что называется барической ступенью, при каких расчетах она используется?
5. Можно ли по показаниям барометра предсказать погоду на ближайшие сутки?

Лабораторная работа 2. Наблюдение за солнечной радиацией

Цель работы. Формирование знаний о солнечной радиации, ее преобразовании в атмосфере и умений работы с приборами для измерения характеристик солнечной радиации.

Задание. Ознакомиться с устройством и принципом действия пиранометра и гальванометра. Провести измерения и вычисление рассеянной и

суммарной радиации. Результаты измерений и вычислений оформить в табличной форме. Сделать вывод по результатам выполнения лабораторной работы.

Оборудование и материалы. Пиранометр, гальванометр, стойка актинометрическая поправки к показаниям гальванометра, переводной множитель прибора *K*.

Теоретические сведения. Значение света как фактора, влияющего на растения, разнообразно: свет необходим для фотосинтеза, для нормального прохождения транспирации, движения (фототропизмы и фотонастии), синхронизации жизнедеятельности растений с временами года (фотопериодизм).

На метеорологических станциях и в полевых условиях для измерения интенсивности рассеянной и суммарной радиации применяют термоэлектрические приборы *пиранометры*.

Для измерения интенсивности прямой солнечной радиации используют *актинометры*, отражательная способность различных поверхностей измеряется *альбедометрами*. Освещенность пространства или различных насаждений измеряется *люксметром* Ю-16. Продолжительность солнечного сияния определяется *универсальным гелиографом*.

Термоэлектрический пиранометр М-80М. Приемником радиации является термобатарея, состоящая из последовательно спаянных манганиновых и константановых полос.

Поверхность термобатареи покрыта черным цветом и белым цветом так, чтобы все четные спаи были окрашены в один цвет, а нечетные – в другой. Для подсоединения пиранометра к гальванометру выводы термобатареи подведены к клеммам, расположенным на нижней стороне корпуса прибора. Приемная поверхность термобатареи защищена от возможных повреждений стеклянным полусферическим колпаком. Корпус с термобатареей и стеклянным колпаком составляет головку пиранометра, которая привинчена к стойке.

Для установки головки в горизонтальное положение прибор имеет два установочных винта и уровень. Для затенения головки от прямых солнечных лучей служит теневой экран, закрепленный на трубке.

При затенении приемника пиранометра измеряется рассеянная, а без затенения – суммарная радиация. Для защиты стеклянного колпака от повреждений и для определения нулевого показания стрелки гальванометра служит металлический колпак.

Гальванометр ГСА-1М. Гальванометр стрелочный актинометрический служит для измерения тока, возникающего в термобатареях термоэлектрических актинометрических приборов.

На корпусе гальванометра снизу укреплены три клеммы, обозначения которых «+», «Р» и «С» нанесены на крышке корпуса сбоку. Выводы рамки гальванометра припаяны к клеммам «+» и «Р». К клеммам «Р» и «С» припаяны выводы добавочного сопротивления. При включении гальванометра для измерения тока на клеммы «+» и «Р» в цепь тока включается только рамка гальвано-

метра. При включении же гальванометра на клеммы «+» и «С» в цепь тока последовательно с рамкой гальванометра включается добавочное сопротивление.

На выступах корпуса укреплены шкала, имеющая 100 делений. На шкале укреплены ограничители хода стрелки. В вырезе шкалы укреплены зеркальная полоска и термометр. На шкале нанесены: марка завода-изготовителя, год выпуска и заводской номер гальванометра, индекс гальванометра (ГСА-1), а также величины внутреннего сопротивления рамки и добавочного сопротивления гальванометра. В крышке корпуса сделан вырез, закрытый стеклом, через которое производятся отсчёты показаний гальванометра и термометра. Для защиты от повреждений стекло закрывается откидным щитком, на внутренней стороне которого изображена электрическая схема гальванометра. В крышке корпуса укреплен винт корректора, поворотом винта устанавливается нулевое положение стрелки гальванометра.

При отсутствии тока стрелка должна находиться на пятом делении шкалы. Это деление при дальнейшей работе принимается за начало отсчётов и называется «местом нуля».

Арретирование гальванометра осуществляется посредством винта. При ввинчивании винта электрическая цепь рамки гальванометра замыкается накоротко, в результате чего затухают колебания рамки, возникающие при перемещении гальванометра и толчках.

Гальванометр крепится к основанию футляра специальным винтом с резиновыми амортизаторами. Сверху гальванометр закрывается кожухом, который соединяется с основанием посредством штифтов, укрепленных на кожухе, и пружины.

При включении гальванометра в цепь тока возникает взаимодействие магнитных полей рамки с током и постоянных магнитов. Рамка поворачивается, и прикрепленная к ней стрелка перемещается вдоль шкалы. Угол поворота рамки и смещение стрелки пропорциональны силе тока, проходящего через рамку.

Стойка актинометрическая М-13а. На стойке устанавливают приборы, предназначенные для выполнения срочных актинометрических наблюдений.

Стойку М-13а крепят в грунте опорой со стабилизаторами. Насадка установлена на опоре. Горизонтальность стрелы регулируют при помощи трёх винтов по уровню, установленному на стреле и фиксируют с помощью винта. Внутри направляющей трубы проходит стрела, которую можно поворачивать в трубе и фиксировать винтом. На стреле крепят головку пиранометра и балансомер.

Головку пиранометра закрепляют при помощи хомутика и винтов и с гайкой. Горизонтальность установки головки пиранометра в направлении, перпендикулярном оси стрелы, регулируют поворотом хомутика на стреле. Экран закреплён также на стреле и предназначен для экранирования потока излучения из полусферы, противоположной направлению приёмной поверхности пиранометра.

Балансомер крепят на кронштейне при помощи винта. Горизонтальность балансомера в направлении, перпендикулярном оси стрелы, регулируют поворотом винта в кронштейне.

Для обращения головки пиранометра приёмной поверхностью вниз стрела при зажатом винте и оттянутом фиксаторе поворачивается за рукоятку на 180° до щелчка фиксатора. Внутри стрелы проходит ось, на которой закреплён стержень с двумя теньевыми экранами для головки пиранометра балансомера. Поворот стержня с теньевыми экранами вокруг оси стрелы производят при отпущенном винте поворотом стержня за рукоятку. Для фиксации положения оси внутри стрелы предусмотрена тормозная колодка, управляемая винтом. Для затенения пиранометра и балансомера стрелу необходимо повернуть в положение перпендикулярное направлению на Солнце.

Актинометр устанавливают вместе с его штативом на горизонтальной плите, которой заканчивается верхняя часть насадки, и крепят винтами.

К северо-северо-западу от актинометрической стойкой на расстоянии 1,5–2 м устанавливается стойка с ящиком для установки гальванометров. При наблюдениях по балансомеру необходимо одновременно измерять скорость ветра на уровне балансомера. Для этого на расстоянии 2–3 м от актинометрической стойки устанавливается подставка для анемометра.

В местах установки приборов для выполнения наблюдений закрытость горизонта в направлениях восхода и захода Солнца должна быть не более 3° по угловой высоте, а в остальных направлениях – не более 5° .

Ход работы. Подготовить приборы для переноски их из лаборатории. Арретир гальванометра закрутить до отказа. Установить приборы на столе и соединить их электрическими проводами, соблюдая при этом полярность. Клемму «+» пиранометра соединить с клеммой «+» гальванометра. Непосредственно перед измерением проверить установку пиранометра по уровню. Прикрепить теневой экран. Закрыть приемную поверхность пиранометра крышкой, ослабить арретир гальванометра и записать нулевое положение стрелки гальванометра H' . При открытом затененном пиранометре измерить рассеянную радиацию D , для чего отсчитать показание гальванометра H_p . Для измерения суммарной радиации Q отвести экран в сторону и при освещенном пиранометре сделать отсчет по гальванометру H_c . Измерения H_p и H_c сделать три раза. Закрыть приемную часть пиранометра крышкой и отсчитать нулевое показание гальванометра H'' . Заарретировать гальванометр винтом. Собрать приборы для переноски в лабораторию.

Вычислить среднее значение показаний гальванометра при измерении рассеянной радиации \bar{H}_p : $\bar{H}_p = \frac{H_{p1} + H_{p2} + H_{p3}}{3}$ и суммарной радиации

$$\bar{H}_c : \bar{H}_c = \frac{H_{c1} + H_{c2} + H_{c3}}{3}.$$

По средним значениям H_p и H_c вводят шкаловые поправки ΔH_p и ΔH_c .

Интенсивность рассеянной и суммарной радиации (Вт/м^2) вычислить по формулам (5 и 6)

$$D = K \left(\bar{H}_p + \Delta H_p - \frac{H' + H''}{2} \right), \quad (5)$$

$$Q = K \left(\bar{H}_c + \Delta H_c - \frac{H' + H''}{2} \right), \quad (6)$$

где $K = 1$ – переводной множитель, который определяется путем сравнения показаний пиранометра с контрольным прибором (актинометром); Вт/(м²·дел.).

При измерении слабой радиации гальванометр подключается без дополнительного сопротивления (клеммы «+» и «Р»). Для измерения радиации большой интенсивности гальванометр присоединяется с добавочным сопротивлением (клеммы «+» и «С»). По значениям Q и D вычислить солнечную радиацию I , падающую на горизонтальную поверхность (Вт/м²). Вычислить фотосинтетически активную радиацию $Q_{ФАР}$ в данный момент по уравнению Б. И. Гуляева, Х. Г. Тооминга и Н. А. Ефимовой.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Дать определение прямой, рассеянной и суммарной радиации.
2. Объяснить принцип работы термоэлектрического пиранометра.
3. Каков порядок измерений рассеянной и суммарной радиации? Записать формулы расчета этих величин.
4. Объяснить физический смысл переводного множителя K .
5. Какое значение имеет солнечная радиация в жизнедеятельности сельскохозяйственных растений?

Лабораторная работа 3. Наблюдение за температурой воздуха

Цель работы. Формирование знаний о принципах и методах измерения температуры воздуха и умений работы с приборами для измерения температуры.

Задание. Изучить правила приведения в рабочее состояние максимального и минимального термометров после отсчетов по ним соответствующих температур. Сделать отсчеты по термометрам. Результаты измерений и вычислений оформить в табличной форме.

Оборудование и материалы. Термометры – психрометрический термометр ТМ-4, максимальный термометр ТМ-1 и минимальный термометр ТМ-2.

Теоретические сведения. Поскольку потребность в тепле у различных растений и их сортов меняется в больших пределах и сами ресурсы тепла изменчивы в пространстве и времени, учету тепла отводится первостепенное место.

Для измерения температуры почвы и воздуха используются жидкостные, термоэлектрические, деформационные термометры и электротермометры сопротивления.

Жидкостные термометры основаны на принципе изменения объема жидкости в зависимости от температуры среды. В качестве жидкости чаще всего используют ртуть или спирт.

Максимальный термометр ТМ-1 служит для измерения самой высокой (максимальной) температуры среды за период между сроками наблюдений. Цена деления шкалы 0,5 °С. Рабочее положение термометра горизонтальное (резервуар слегка опущен).

Минимальный термометр ТМ-2 применяется для измерения самой низкой температуры за период между сроками наблюдений. Термометрической жидкостью является спирт. Цена деления 0,5 °С. Рабочее положение горизонтальное. Особенность устройства термометра заключается в том, что внутри капилляра закладывается маленький из темного стекла штифтик с небольшими утолщениями на концах.

Перед установкой термометра штифтик перемещают к мениску спирта. Для этого следует поддержать термометр наклонно резервуаром вверх и тогда штифтик под влиянием собственного веса упадет вниз до мениска спирта. Правый конец штифтика совпадет с показанием мениска спирта. При понижении температуры поверхностная пленка мениска, перемещаясь в сторону резервуара, перемещает за собой и штифтик в сторону меньших температур. При повышении температуры спирт, расширяясь, свободно обтекает штифтик. Последний остается на месте, указывая удаленным от резервуара концом минимальную температуру между сроками наблюдений.

При наблюдениях сначала отсчитывается температура в срок наблюдения по мениску спирта, а затем минимальная температура между сроками. После отсчета термометр приводят в рабочее положение (штифт перемещают к мениску спирта).

Психрометрический термометр ТМ-4 ртутный, с шаровидным резервуаром и металлическим колпачком в верхней части, цена деления 0,2 °С. При температуре воздуха ниже минус 35 °С используют низкоградусный спиртовой термометр ТМ-9 с цилиндрическим резервуаром.

Психрометрические термометры применяются в паре и составляют прибор психрометр, который служит для измерения температуры и влажности воздуха.

Все термометры для измерения температуры воздуха устанавливают в психрометрической будке БП-1. Стенки будки состоят из двойных жалюзи, которые защищают термометры от прямого попадания солнечных лучей, осадков, а также от сильных порывов ветра и др.

Ход работы. Сначала сделать отсчет срочной температуры по психрометрическому термометру, потом по максимальному и минимальному термометрам.

Максимальный и минимальный термометры привести в рабочее состояние для проведения отсчетов в следующий период наблюдений.

В показания термометров ввести поправки.

Используя полученные данные измерений по максимальному и минимальному термометрам, вычислить среднюю суточную температуру воздуха.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. В каких агротехнических мероприятиях учитываются температурные условия воздуха?

2. Какими термометрами можно измерить температуру воздуха?

3. Как устроен максимальный термометр и как он устанавливается?

4. Объяснить устройство минимального термометра. Каков принцип его действия?

5. Как по показаниям, максимального и минимального термометров определить среднюю суточную температуру?

Лабораторная работа 4. Измерение температуры почвы

Цель работы. Формирование знаний о принципах и методах измерения температуры почвы и умений измерения температуры почвы с глубиной.

Задание. Изучить правила приведения в рабочее состояние термометров после отсчетов по ним соответствующих температур. Произвести отсчеты по термометрам. Результаты измерений и вычислений оформить в табличной форме.

Оборудование и материалы. Срочный термометр ТМ-3, коленчатые термометры (Савинова) ТМ-5, вытяжные ртутные термометры.

Теоретические сведения. Для измерения температуры почвы на разных глубинах применяют коленчатые термометры, термометр-щуп, вытяжные термометры, максимально-минимальные термометры и электротермометры разной конструкции.

Срочный термометр ТМ-3 применяется для измерения температуры поверхности почвы в данный момент (срок). Это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром. Деления на его шкале нанесены через 0,5 °С. Отсчет температуры делают по мениску ртути в капилляре с точностью до 0,1 °С. Если столбик ртути заканчивается на высоте выше 0 °С, то температура записывается

ся со знаком «плюс» или просто без знака. Если столбик ртути ниже 0 °С, то температура записывается со знаком «минус».

Коленчатые термометры ТМ-5 (Савинова) предназначены для измерения температуры почвы в теплый период на глубинах 5, 10, 15, 20 см.

В комплект входят четыре термометра, различающиеся по длине нижней части. Нижняя часть стеклянной защитной оболочки от резервуара до начала шкалы заполнена теплоизоляционным материалом, что уменьшает влияние на показания термометра слоя почвы, лежащего над его резервуаром, и тем самым обеспечивает более точное измерение температуры на той глубине, на которой установлен резервуар.

Коленчатые термометры устанавливают на одной площадке с термометрами для измерения температуры почвы. Чтобы установить коленчатые термометры на заданных глубинах, в почве выкапывают углубление А В С D, которое на рисунке заштриховано. Вдоль выемки кладут прямую рейку, отмечают линейкой глубины, на которых должны быть установлены термометры, и делают в отвесной стенке горизонтальные углубления.

Каждый термометр вдвигают резервуаром в углубления почвы до самого изгиба и частично засыпают его землей. После установки всех термометров канавку засыпают вровень с поверхностью участка.

Вытяжные ртутные термометры служат для измерения температуры почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см. Они имеют цену деления 0,2°.

С целью уменьшения влияния внешней среды в момент отсчета термометр вмонтирован в специальную оправу с металлическим колпачком. Для лучшего теплового контакта и увеличения инерции термометра пространство между резервуаром термометра и стенками колпачка заполнено медными опилками. Оправа с термометром крепится на деревянной штанге, длина которой зависит от глубины установки термометра. Штанга заканчивается колпачком с кольцом, за которое термометр вынимают из почвы.

Вытяжные термометры опускают в пластмассовые или эбонитовые трубки, погруженные в почву на необходимую глубину и имеющие на нижнем конце металлические наконечники. Термометр воспринимает температуру только того слоя почвы, на котором находится металлический наконечник.

Вытяжные термометры размещают на открытом месте с естественным покровом. С помощью бура делают скважины нужной глубины и в них устанавливают трубы в один ряд через каждые 50 см в направлении с востока на запад. Трубы должны выступать над поверхностью почвы на 40–50 см во избежание заноса их снегом в зимний период. После установки труб в них опускают термометры. Чтобы почва вокруг термометров не уплотнялась, отсчет по ним производят со специального помоста, расположенного с северной стороны термометров.

В сроки наблюдений термометры по очереди, начиная с наименьшей глубины, достают из трубки за кольцо и снимают отсчеты температуры. После этого термометр опускается в трубку. Наблюдения по термометрам на глуби-

нах 60, 80, 120, 160, 320 см проводят на протяжении года один раз в сутки, днем, а на глубинах 20 и 40 см – во все сроки наблюдений.

Ход работы. Определить цену деления шкалы и пределы измерения температуры. Ввести шкаловые поправки (по паспорту термометра) в показания термометров и вычислить исправленные значения температур.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Каково значение учета температуры почвы для сельскохозяйственного производства.

2. Какие термометры применяются для измерения температуры поверхности почвы?

3. Какими термометрами можно измерить температуру пахотного слоя?

4. Для чего предназначены вытяжные термометры? Как они устанавливаются?

5. Как по графику распределения температуры в почве определить глубину промерзания почвы в холодный период года?

Лабораторная работа 5. Измерение влажности воздуха

Цель работы. Формирование знаний о факторах роста и развития растений и умений делать анализ видового состава цветочных насаждений по требованиям к факторам роста и развития.

Задание. Изучить устройство приборов для измерения влажности воздуха. Отсчитать показания температуры. Ввести шкаловые поправки к отсчетам (по паспорту прибора). Определить атмосферное давление в гПа. Результаты измерений и вычислений характеристик влажности оформить в табличной форме.

Оборудование и материалы. Станционный психрометр, аспирационный психрометр, прибор для измерения атмосферного давления (чашечный барометр).

Теоретические сведения. *Влага* – один из основных факторов жизни. Она имеет большое значение для развития растений, в наибольшей степени от нее зависят рост и величина урожая. Избыточное и недостаточное количество влаги вредно сказывается на растениях. В обоих случаях растения не могут полностью использовать ресурсы тепла для накопления своей массы и создания оптимального урожая.

Ресурсы влаги очень изменчивы как по территории, так и во времени. Поэтому всестороннее изучение их для сельскохозяйственного производства имеет исключительное значение.

Наибольшее распространение для измерения влажности воздуха получили следующие методы.

Психрометрический метод измерения основан на охлаждении одного из двух термометров. На этом принципе действуют стационарный и аспирационный психрометры.

Гигрометрический метод основан на изменении длины гигроскопических материалов в зависимости от влажности воздуха. На этом свойстве действуют волосной гигрометр и гигрограф.

Стационарный психрометр состоит из двух психрометрических термометров ТМ-4 с ценой деления 0,2 °С. Резервуар правого термометра обвязывают кусочком батиста, конец которого погружен в стаканчик с водой. Батист на резервуаре термометра является испаряющей поверхностью. Чем суше воздух, тем быстрее происходит испарение воды с батиста и тем больше отнимается тепла от смоченного термометра. Температура смоченного термометра становится ниже, чем температура сухого. Вычисление характеристик влажности воздуха производят по показаниям сухого и смоченного термометров.

Аспирационный психрометр МВ-4М по принципу действия не отличается от стационарного психрометра. Главная особенность конструкции этого прибора – наличие аспирационного устройства, обеспечивающего обдувание резервуаров термометров воздухом. Он удобен в переноске и широко применяется при полевых наблюдениях.

Аспирационный психрометр состоит из двух термометров. Резервуар термометра (смоченного) обвязан батистом, обрезанным непосредственно под резервуаром. Термометры закреплены в оправе, состоящей из трубки, переходящей в тройник, и защитных планок. Верхний конец трубки соединен с головкой аспиратора, обеспечивающего всасывание наружного воздуха и обтекание его вокруг резервуаров термометров со скоростью 2 м/с. Пружина аспиратора заводится ключом. Благодаря изоляции резервуаров от корпуса, хорошей никелировке его металлических поверхностей и постоянной скорости движения воздуха, психрометр не требует защиты от солнечных лучей и ветра.

Смачивание батиста производится из резиновой груши со стеклянной пипеткой и зажимом. Груша наполняется дистиллированной водой. При работе для защиты от сильного ветра на головку прибора надевают ветровую защиту.

Волосной гигрометр МВ-1 при температуре воздуха ниже минус 10 °С является основным прибором для измерения влажности воздуха. Приемной частью гигрометра служит обезжиренный человеческий волос, натянутый на металлическую раму.

Верхний конец его закреплен регулировочным винтом с контргайкой, а нижний связан со стрелкой. Под действием изменения длины волоса и грузика, поддерживающего волос в натянутом состоянии, стрелка вместе с осью поворачивается и фиксирует изменения относительной влажности.

Ход работы. Вычислить упругость водяного пара e . Давление насыщенного водяного пара E' (гПа) определяется по значению смоченного термометра t' в зависимости от температуры.

Вычислить относительную влажность воздуха f и дефицит упругости водяного пара d . Величина E определяется по значению показаний сухого термометра t .

По упругости водяного пара e определить температуру точки росы t_d , при которой фактические пары насыщают воздух. В момент охлаждения воздуха до точки росы водяной пар достигает насыщения, в этом случае величина $e = E$.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Назовите величины, характеризующие влажность воздуха.
2. Какое значение имеет влажность воздуха для сельскохозяйственного производства?
3. Дайте характеристику приборов, при помощи которых измеряют влажность воздуха.
4. Почему смоченный термометр в большинстве случаев показывает температуру, меньшую, чем сухой термометр?
5. Каким прибором определяется влажность воздуха среди растений?

Лабораторная работа 6. Наблюдения за облаками

Цель работы. Формирование знаний об облаках, их образовании, морфологии, классификации и умений определять основные формы облаков.

Задание. Изучить международную классификацию облаков. Изучить четыре семейства и десять родов облаков, их латинское название и сокращенную запись. По Атласу облаков ознакомиться с основными формами и видами облаков.

Оборудование и материалы. Атлас облаков

Теоретические сведения. Определение облачности, т. е. степени покрытия неба облаками, производится визуально по десятибалльной шкале. При отсутствии облаков или незначительном их количестве (менее 0,5 балла) записывается 0 баллов; при полном покрытии неба облаками – 10 баллов, а если при этом имеются просветы, общая площадь которых менее 0,5 балла, цифра 10 заключается в квадрат. Один балл означает покрытие 0,1 части неба.

При определении количества облаков сначала устанавливают общую облачность, т. е. видимое количество облаков всех ярусов, а затем отдельно определяют количество облаков нижнего яруса.

Запись проводится в виде дроби: в числителе указывается общая, а в знаменателе – нижняя облачность. Если количество облаков незначительно, но имеются отдельные облака, не составляющие 0,5 балла, то количество облаков обозначается символом 0/0.

Определение и запись форм облаков проводят с помощью Атласа облаков и обозначают сокращенными латинскими названиями по принятой классификации.

При определении формы облаков сначала указывают облака, занимающие большую часть неба, затем переходят к другим облакам в порядке убывания их количества. Форма облаков отмечается в том случае, когда они по количеству составляют не менее 0,5 балла. Разрешается не определять формы облаков, находящихся ниже 5–6° над горизонтом, при этом облака с резко выраженными очертаниями обязательно отмечаются. При отсутствии облаков нижнего яруса в строке для записи форм облаков среднего яруса указывается количество этих облаков.

Определение высоты производится для облаков нижнего и среднего ярусов, если они расположены не выше 2500 м над уровнем станции. Обычно высота нижней границы облаков оценивается визуально. В гидрометслужбе для этой цели применяется импульсный измеритель высоты облаков (ИВО), шары-пилоты и потолочные прожекторы.

Из основных форм облаков агроном в первую очередь должен знать те, которые приносят влагу. Например, из слоистых облаков (*Stratus*) может выпасть морось, из слоисто-дождевых (*Nimbostratus*) – обильные, затяжные дожди, охватывающие большие территории. Кучево-дождевые облака (*Cumulonimbus*) приносят грозу с ливневыми осадками и градом. Из облаков верхнего яруса осадки не выпадают, они регулируют время солнечного сияния, температуру и другие элементы погоды.

Ход работы. При выполнении работы необходимо выписать формы облаков, дающие осадки, и указать вид осадков, характерный для каждой, из этих форм (ливневые, обложные, морозящие). Указать формы облаков, возникающие на теплом и холодном фронтах. Определить и записать количество и формы облаков, которые имеются на небосводе во время наблюдений за облаками.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие формы облаков относятся к облакам верхнего, среднего и нижнего ярусов?
2. Какие формы облаков относятся к облакам вертикального развития?

3. По рисункам Атласа облаков назвать форму облаков.
4. Из каких облаков следует ожидать выпадения осадков?
5. Какие облака являются признаком установления хорошей погоды?

Лабораторная работа 7. Наблюдение за выпадающими осадками, измерение уровня осадков

Цель работы. Формирование знаний об атмосферных осадках и умений оценивать категории жидких осадков в зависимости от их интенсивности и продолжительности.

Задание. Изучить устройство осадкомера Третьякова. Определить цену деления шкалы измерительного стакана осадкомера. Измерить количество осадков с точностью до 0,1 мм. Определить поправку на смачивание ведра осадкомера. Рассчитать объем воды, выпавшей на гектар.

Оборудование и материалы. Осадкомер Третьякова.

Теоретические сведения. Для решения ряда практических вопросов необходимо иметь сведения о количестве выпавших осадков. Поэтому для нужд сельского хозяйства наблюдения за осадками необходимо вести непосредственно на полях.

Осадки служат основным источником накопления запасов почвенной влаги, а последние составляют единственный источник водоснабжения сельскохозяйственных культур. Отсутствие или недобор осадков влечет за собой пересыхание пахотного горизонта почвы, ухудшает состояние растений, снижает урожай.

Количество осадков и время их выпадения могут значительно изменяться в пространстве. Измерение осадков необходимо для расчетов по выработке норм орошения и для решения ряда других практических вопросов.

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

Осадкомер Третьякова О-1 состоит из двух сменных ведер. Ведро имеет высоту 40 см и площадь приемной поверхности 200 см².

Для уменьшения испарения осадков из ведра в летнее время при помощи диафрагмы отверстие закрывается воронкой. Ведро осадкомера устанавливают в таган, который закреплен неподвижно на подставке.

Для уменьшения влияния ветра на количество осадков, попавших в ведро, применяется ветровая защита, состоящая из 16 трапециевидных планок. Планки расположены на одинаковом расстоянии друг от друга и соединены между собой внизу и сверху цепочками.

Измерение количества жидких осадков производится измерительным стаканом, который представляет собой мензурку с делениями. Одно деление стакана по объему соответствует 2 см³; при площади приемной поверхности 200 см² одно деление соответствует 0,1 мм жидких осадков. Осадкомер устанавливается на открытом месте в удалении от окружающих предметов. Таган укрепляют на металлической подставке так, чтобы верхний край ведра нахо-

дился на высоте 2 м от поверхности земли. Рядом с подставкой осадкомера находится лестница.

Во время измерений производят смену ведер (четыре раза в сутки). Измерение количества твердых осадков производят после того, как они полностью растают, при этом ведро должно быть закрыто крышкой. Если осадков окажется более 100 делений стакана, то измеряют их в несколько приемов, записывая число делений каждого измерения и общую сумму. Количество выпавших осадков в миллиметрах соответствует числу делений стакана, уменьшенному в 10 раз.

К результатам измерений вводят поправку на смачивание ведра. Для осадков, количество которых меньше половины высоты стакана, поправка составляет +0,1 мм, а для осадков больше половины высоты стакана поправка равна +0,2 мм.

Ход работы. Для определения цены деления шкалы измерительного стакана осадкомера следует произвести пересчет в миллиметры одного деления стакана осадкомера, равного 2 см³, по формуле (7):

$$h = \frac{V_1}{S}, \quad (7)$$

где h – высота слоя осадков (цена деления), мм; V_1 – объем воды, равный 1 делению измерительного стакана, см³; S – площадь приемной поверхности ведра осадкомера (200 см²).

Для измерения количество осадков следует из ведра осадкомера вылить осадки в измерительный стакан. Число делений воды в стакане, уменьшенное в 10 раз, и даст количество осадков, выраженное в мм.

Если отсутствует измерительный стакан, то количество осадков можно вычислить с помощью мензурки по формуле (8)

$$H = \frac{V}{S} \cdot 10, \quad (8)$$

где V – объем воды в мензурке, см³, $S = 200$ см², H – количество осадков, мм.

Разность между количеством осадков (мм), вылитых из измерительного стакана в ведро, и осадков, перелитых обратно из ведра в измерительный стакан (мм), даст поправку на смачивание.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Что называют осадками, и в каких единицах они измеряются?
2. Укажите основные приборы, применяемые для измерения осадков в разное время года.

3. Как измерить осадки, не имея стандартных приборов?
4. Как определить запас воды на 1 га, если известно количество осадков, выраженное в миллиметрах?
5. Какое значение имеют жидкие осадки для сельскохозяйственного производства?

Лабораторная работа 8. Измерение направления и скорости ветра

Цель работы. Формирование знаний о ветре, его изменении во времени и пространстве, умений строить диаграммы повторяемости направлений ветра (розу ветров).

Задание. Изучить устройство и принцип действия ручного анемометра. Установить два анемометра на разных высотах (1,5 и 3,0 м). Провести тренировочную работу по пуску и остановке прибора, снятию отсчетов по трем циферблатам. Записать начальные показания анемометров. Провести контрольное снятие показаний приборов. Построить графики розы ветров по сезонам года.

Оборудование и материалы. Ручной анемометр, значения повторяемости ветра по румбам.

Теоретические сведения. Данные о ветровом режиме широко используются в сельскохозяйственной практике. Ветер способствует перемешиванию воздуха, поддерживая постоянство газового состава атмосферы. Он переносит влажный воздух с океанов и морей вглубь материков, обеспечивая растения влагой. Ветер способствует опылению растений, переносу семян дикорастущих деревьев и трав.

Отрицательное действие ветра состоит в усилении непродуктивного испарения с поверхности почвы, обуславливающего почвенную засуху, в усилении повреждения растений при действии суховея, а также в ветровой эрозии. Скорость ветра и его направление необходимо учитывать при подкормке посевов удобрениями и применении пестицидов. Направление господствующих ветров необходимо знать при закладке лесополос и посеве кулис, при снегозадержании и борьбе с ветровой эрозией, при выпасе скота на пастбищах и т. д.

Важно учитывать влияние ветра на распространение воздушных загрязнений, поступающих в атмосферу от промышленных предприятий.

В зависимости от задач исследований применяются различные приборы и методы наблюдений за ветром. Для измерения направления и скорости ветра в приземном слое воздуха служат флюгеры, анемометры и анеморумбометры.

Анемометр ручной индукционный (АРИ-49). Этот анемометр предназначен для измерения скорости ветра в пределах 2–30 м/с и позволяет производить измерения непосредственно в единицах скорости. Он представляет собой сочетание трехчашечного анемометра с магнитным тахометром.

Действие анемометра основано на принципе измерения угловой скорости вращения трехчашечной вертушки. Вертушка является приемной частью анемометра. Она состоит из трех чашек, жестко закрепленных во втулке, насаженной на ось, которая вращается.

На нижнем конце оси укреплена магнитная система, состоящая из магнита, магнитопровода и температурного компенсатора. Воздушный поток действует на прибор, вертушка вместе с осью вращается в одну и ту же сторону. Вращающаяся вместе с осью магнитная система создает магнитное поле, вызывающее в металлическом колпачке вихревые токи. Взаимодействие вихревых токов с вращающимся магнитным полем вызывает момент, под действием которого поворачивается колпачок. Значение угла поворота оси с колпачком пропорционально числу оборотов вертушки. Следовательно, отклонение стрелки анемометра связано со скоростью ветра. Скорость ветра определяется по положению стрелки на шкале.

Анемометр АРИ-49 устанавливается на мачте, его можно также держать в руке, подняв над головой так, чтобы он свободно обдувался ветром. Анемометр должен быть повернут шкалой к наблюдателю. Отсчет следует делать не ранее чем через 10 с, когда скорость вертушки установится. Анемометр благодаря инерционности его подвижной системы несколько осредняет результаты измерений (интервал осреднения 5–6 с). При измерении скорости ветра малой порывистости достаточно произвести 2–3 отсчета с интервалом 5–10 с, при порывистом ветре – 10–12 отсчетов; скорость вычисляется как среднее из полученных отсчетов.

Направление и скорость ветра в течение сезона обычно меняются. Для характеристики ветрового режима местности могут быть необходимыми сведения о преимущественном направлении ветра. Для анализа повторяемости различного направления используют график, называемый «розой ветров». Это графическое изображение направления ветра за месяц, сезон и год.

При построении розы ветров рассчитывается повторяемость ветра для каждого из восьми румбов, т. е. вычисляется, сколько раз повторялось то или иное направление ветра за данный период. Полученные значения выражаются в процентах от общего числа наблюдений (число штилей в 100 % не входит).

Для построения розы ветров вычерчивают восемь румбов направлений ветра. На румбах в определенном масштабе откладываются повторяемость ветра данного направления. Для получения графика розы ветров эти точки последовательно соединяются.

По графику легко определить преобладающее направление ветра в данном месте за определенный период. Анализ розы ветров позволяет сделать вывод о размещении промышленных предприятий относительно населенных пунктов, а также о размещении лесных полос, ферм и выборе направлений снегозадержания на полях.

Ход работы. Отсчет начальных показаний анемометра берется в следующей последовательности: записывают число тысяч (малая правая шкала), число сотен (малая левая шкала) и десятки с единицами (большая центральная шкала).

Включить одновременно секундомер и счетчики анемометров и через несколько минут (не менее 100 секунд) выключить. Снять показания с трех циферблатов каждого анемометра N_k .

Найти разность показаний приборов для каждой высоты ($N_k - N_n$). Разность показаний в отсчетах дает число вращений вертушки анемометра за t секунд работы.

Определить значение показаний счетчика за одну секунду для каждой высоты (V дел/с) (9):

$$V = \frac{N_k - N_n}{t}. \quad (9)$$

По числу делений в секунду из градуировочного графика или поверочного свидетельства (сертификата) определить скорость ветра. Ручные анемометры устроены так, что целое число делений в секунду совпадает со скоростью ветра, выраженной в м/с. Если V (дел/с) не равно целому числу, то проводят десятичную интерполяцию. На этой закономерности строится график скорости к каждому анемометру.

Для построения розы ветров на восьми румбах откладывается повторяемость ветра в процентах. Наиболее практичным считается масштаб 1 см на румбе – 5% повторяемости. Концы полученных отрезков соединяются прямыми линиями.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Что называется ветром, и какими величинами он характеризуется?
2. Какое значение имеет ветер в сельскохозяйственном производстве?
3. Назовите приборы, используемые для измерения направления и скорости ветра.
4. Устройство ручного анемометра и принцип его действия.
5. Что такое «роза ветров», и какое значение она имеет в практике сельского хозяйства?

Лабораторная работа 9. Наблюдения за снежным покровом

Цель работы. Формирование знаний о влиянии снежного покрова на перезимовку и продуктивность зимующих культур; умений работы с приборами для измерения высоты снежного покрова.

Задание. Изучить устройство снегомера и правила работы с прибором. Определить нулевое показание весов при пустом снегозаборнике. Подобрать ровную поверхность снега и при полном охлаждении снегомера приступить к измерению характеристик снега. Вычислить плотность снега для каждого

измерения. Определить ожидаемый запас воды в снеге, выраженный в мм и м³/га.

Оборудование и материалы. Походный весовой снегомер ВС-43.

Теоретические сведения. Для сельского хозяйства снежный покров важен как источник пополнения запасов влаги, необходимой растениям, и как защита от вымерзания озимых, многолетних трав, корневой системы плодовых и ягодных культур. Сведения о его высоте, плотности и запасах воды необходимы для правильного суждения о влиянии снежного покрова на перезимовку и продуктивность зимующих культур.

Состояние снежного покрова характеризуют его высотой (см), плотностью (г/см³) и характером залегания на территории поля или сада.

Плотность снега – это отношение массы пробы снега m к ее объему v (10):

$$d = \frac{m}{v} \quad [\text{г/см}^3] \quad (10)$$

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

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

Походный весовой снегомер ВС-43 состоит из металлического цилиндра, высота которого 60 см, площадь поперечного сечения 50 см².

Для измерения высоты снежного покрова на цилиндр нанесена шкала в сантиметрах. Нулевое деление шкалы совпадает с нижней частью режущей кромки. Вдоль цилиндра свободно перемещается кольцо с дужкой, за которую подвешивают цилиндр (снегозаборник) к весам. Весы снегомера состоят из рейки 1 со шкалой (цена деления 5 г). Цифры стоят около каждого десятого деления и означают десятки от 0 до 30. На рейке укреплены две призмы. Одна служит опорой для крючка 5, на который подвешивают цилиндр, а на вторую надевается подвес 4 с кольцом, за которое держат весы при взвешивании.

Для уравнивания весов служит передвижной груз с круглым отверстием. Для отсчета по шкале на нижней стороне отверстия нанесена риска.

Расчет плотности снега производится по массе и объему его пробы. Масса взятой пробы равна $5n$ г, где n – число делений, отсчитанных по шкале весов, а объем снега равен $50h$ см³, где h – отсчет по шкале цилиндра (см); 50 – площадь поперечного сечения снегозаборного цилиндра (см²). Тогда плотность снежного покрова d (г/см³) будет равна (11):

$$d = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h}. \quad (11)$$

В тех случаях, когда снежный покров больше 60 см, весь столб снега вырезают последовательно в несколько приемов. Для определения плотности в этом случае; h равно сумме всех отсчетов высот при взятии проб, n – сумма всех отсчетов по весам.

Плотность снега вычисляется с точностью до сотых долей г/см³, для чего деление на $10h$ производится до третьего десятичного знака, а результат округляется до второго десятичного знака.

Весовым снегомером можно сразу определить запасы воды в снеге. Дополнительный расчеты в этом случае не производятся, потому что весы и цилиндр подобраны так, что запас воды взятой пробы снега соответствует числу делений на весах n . Масса снега $5n$ одновременно будет массой воды, полученной из снега, т. е. ее объемом.

Зная объем воды и приемную площадь цилиндра, рассчитывают высоту слоя воды. Для этого объем воды делят на площадь сечения и для выражения воды в миллиметрах умножают на 10:

$$\frac{5n}{50} \cdot 10 = n$$

Таким образом, число делений, отсчитанное на весах при взвешивании пробы снега, равно количеству воды в снеге в миллиметрах. Запас воды в снеге можно выразить в тоннах или в м^3 воды на 1 га по формуле $W = 10n$.

Если снежный покров меньше 60 см, то, погрузив цилиндр в снег до соприкосновения его нижнего края с поверхностью почвы, отсчитывают высоту снежного покрова по шкале цилиндра. Затем закрывают крышку и лопаткой, входящей в комплект снегомера, счищают снег с одной стороны заборника, аккуратно подсовывают ее под его режущий край так, чтобы весь снег, заключенный в цилиндре, там остался. Не отнимая лопатки, вынимают заборник из снега и переворачивают его крышкой книзу.

Очищают заборник от приставшего снаружи снега, подвешивают его за дужку к крючку весов и, держа в руке весы за кольцо, взвешивают заборник со снегом; результат записывают (число делений шкалы весов).

Ход работы. За 30 мин до измерений снегомер выносят из помещения, чтобы он принял температуру окружающего воздуха. Проверяют равновесие снегомера. Если при пустом цилиндре нет совпадения с нулевым делением, то записывают показания делений n_0 . После этого цилиндр заточенным краем погружают в снег до тех пор, пока он не дойдет до почвы, и по шкале цилиндра измеряют высоту снежного покрова h . Далее лопаткой, входящей в комплект снегомера, очищают снег с одной стороны снегомера, а затем аккуратно подсовывают лопатку под цилиндр таким образом, чтобы весь снег, заключенный в цилиндре, остался внутри него. Не отнимая лопатки, вынимают цилиндр из снега и переворачивают его крышкой вниз. Подвешивают снегомер за дужку и взвешивают. Записывают деление линейки, против которого установилась риска грузика. Отсчитав показания весов n_1 определяют фактическое показание весов: $n = n_1 - n_0$. Перед следующим измерением снегозаборник освобождают от снега и вновь определяют нулевое показание весов.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты вы-

полнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Какое значение имеет снежный покров в сельскохозяйственном производстве?
2. Какими величинами характеризуется снежный покров?
3. Что такое плотность снега, и по какой формуле она рассчитывается?
4. Как устроен весовой снегомер?
5. Как по показаниям снегомера определить высоту слоя воды в мм и запасы в м³/га?

Лабораторная работа 10. Измерение влажности почвы

Цель работы. Формирование знаний о методах определения влажности почвы и умений оценивать перспективы получения урожая сельскохозяйственных растений по абсолютным и относительным величинам влажности почвы.

Задание. Изучить методику выполнения работы. На опытном участке с помощью бура взять пробы почвы до глубины 50 см. Определить относительную влажность каждой пробы. Вычислить абсолютное содержание воды в каждом десятисантиметровом слое почвы. Вычислить запасы продуктивной влаги для каждого слоя. Вычислить продуктивную влагу для слоя почвы 0–50 см. Объемная масса сухой почвы и влажность устойчивого завядания берется из агроклиматического справочника.

Оборудование и материалы. Почвенный бур, нож, комплект алюминиевых боек, технические весы, термостат, эксикатор.

Теоретический материал. Почвенная влага является важнейшим фактором жизнедеятельности растений. Поглощенная корнями вода переносит с собой растворимые минеральные вещества, поддерживает тургор листьев, идет на построение органических соединений.

В настоящее время приняты следующие основные показатели (константы) влагосодержания почвы.

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

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

Влажность почвы, при которой наблюдается устойчивая потеря тургора произрастающими растениями, называется *влажностью устойчивого завядания*. Определяется она в опытах с растениями и зависит от типа почвы и типа растительности. Обычно влажность устойчивого завядания в 1,1–2,2 раза больше максимальной гигроскопичности. В случаях, когда влажность устойчивого завядания не может быть определена лабораторным методом, она рассчитыва-

ется по максимальной гигроскопичности путем умножения последней на средний коэффициент, равный 1,34.

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

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

Влажность почвы определяется содержанием воды в почве. Она выражается в абсолютных и относительных величинах.

Абсолютная влажность почвы измеряется в миллиметрах слоя воды.

Относительная влажность почвы W определяется отношением массы воды, содержащейся в почве, к массе сухой почвы и выражается в процентах (12):

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad (12)$$

где m_1 – масса образца почвы до просушивания, г; m_2 – масса образца почвы после просушивания, г.

Между абсолютным содержанием воды H (мм) в слое почвы и относительной влажностью W (%) существует зависимость (13)

$$H = \frac{Wdh \cdot 10}{100} = 0,1Wdh, \quad (13)$$

где d – объемная масса сухой почвы ненарушенного сложения, г/см³; h – толщина слоя почвы, для которой вычисляется запас воды, см.

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

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

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

Для перевода влажности почвы, выраженной в процентах, в миллиметры продуктивной влаги применяют формулу (14)

$$W_{\text{пр}} = 0,1dh(W - K), \quad (14)$$

где $W_{\text{пр}}$ – запасы продуктивной влаги, мм; K – влажность устойчивого завядания, % от массы абсолютно сухой почвы; остальные величины те же, что и в формуле (13).

Продуктивная влага корнеобитаемого слоя толщиной 100 см и более определяется как сумма запасов влаги 10-ти сантиметровых слоев почвы.

Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальные запасы продуктивной влаги в почве близки к наименьшей влагоемкости. Наименьшая

влагоемкость в слое 0–100 см для черноземных почв равна 180–200, для суглинистых – 170–180, для супесчаных – 150–160, для песчаных – 80–120 мм.

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

Испарением называют процесс перехода жидкого вещества в газообразное. Для практических целей скорость испарения выражается высотой слоя воды (мм), испаряющейся в единицу времени.

Слой воды высотой 1 мм, испаряющийся с площади 1 м², соответствует массе воды 1 кг. В естественных условиях интенсивность испарения зависит от многих факторов и в первую очередь от температуры испаряющей поверхности, дефицита насыщения воздуха водяным паром в прилегающем слое и скорости ветра. Испарение воды растениями называется транспирацией. Количество воды, необходимое растениям для образования одной единицы массы сухого вещества, называется *коэффициентом транспирации*. Он зависит от вида и сорта растения, состояния и фазы развития, от состояния окружающей среды – температуры и влажности воздуха, почвы и др. Транспирационный коэффициент позволяет определять показатели эффективности использования влаги различными растениями.

Испаряемость – потенциально возможное в данной местности испарение с увлажненной поверхности почвы или поверхности воды при существующих метеорологических условиях. Испаряемость определяют для того, чтобы иметь представление о предельно возможном испарении в данной местности, что важно для оценки влагообеспеченности растений и расчета мероприятий по орошению.

Для измерения испаряемости используют прибор лизиметр. В нем устанавливается уровень «грунтовых вод», обеспечивающий неограниченное потребление влаги растениями.

Для измерения испарения из почвы используют *почвенные испарители*. В зависимости от назначения они бывают разных конструкций. Наибольшее распространение имеют испарители, с помощью которых испарение определяется по разности результатов измерений по испарителю и дождемеру через определенные промежутки времени.

Ход работы. Для взятия пробы почвы служит почвенный бур. Если бур поставить на почву, нажать на него и одновременно вращать ручку в ту или другую сторону, то стакан бура будет входить в землю и внутри стакана окажется некоторое количество почвы; при этом необходимо следить, чтобы бур шел перпендикулярно поверхности почвы. Если бур вынуть из земли, то одновременно будет вынута проба почвы.

Когда требуется взять пробу из глубины большей, чем длина стакана, то введение бура в одну и ту же скважину можно повторить несколько раз, последовательно вынимая буром почву до тех пор, пока не будет достигнута желаемая глубина.

Из взятой пробы, пользуясь ножом, берут небольшой объем почвы массой 30–40 г и помещают в баночку и закрывают крышкой. При этой работе в журнале наблюдений следует записать глубину взятия пробы и номер стаканчика. Подобным образом берутся несколько проб, чтобы исключить возможность случайных ошибок и быть уверенным в правильности полученных результатов.

Взятие проб делают в двухкратной повторности для каждого участка.

После возвращения с опытного участка необходимо включить термостат и приступить к взвешиванию баночек на технических весах. Затем снять крышку и открытую баночку вместе с пробой и крышкой поставить в термостат на сушку. Во время сушки температура термостата не должна опускаться ниже 100 °С и подниматься выше 105 °С для того, чтобы испарение было полным и не было возгонки некоторых составных частей почвы. Продолжительность сушки для песчаных и легких суглинистых почв 6–7 ч, для глинистых 8–10 ч, для торфяных 10–12 ч. После сушки баночки с пробами взвешиваются. Чтобы быть уверенным, что проба действительно высушена, следует произвести дополнительную сушку в течение 2–3 ч и затем еще раз взвесить. Перед каждым взвешиванием закрытые баночки охлаждают в эксикаторе.

Заканчивать сушку проб следует тогда, когда разность их масс после последней сушки и предшествующей ей сушки не превышает 0,1 г.

На основании разности масс проб до и после высушивания вычисляют влажность почвы. В целях ускорения работы по определению влажности почвы сушильные баночки приводят к одинаковой массе.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Что называется влажностью почвы, в каких единицах она выражается?
2. Какую подготовительную работу следует провести для определения влажности почвы на исследуемом участке?
3. Написать формулу для расчета влажности почвы термостатно-весовым методом.
4. Каким выражением характеризуется зависимость между абсолютным содержанием воды и относительной влажностью.
5. Для какой цели определяют влажность почвы?

Лабораторная работа 11. Прогноз заморозков

Цель работы. Формирование знаний о влиянии заморозков на развитие растений и умений составления прогноза вероятности заморозков.

Задание. Изучить прогноз заморозков способами Михалёвского и Броунова. По предложенным вариантам сделать прогноз заморозков.

Результаты прогноза по способу Михайлевского представить в виде таблицы.

Оборудование и материалы. Метеорологические сведения о состоянии погоды в данное время.

Теоретический материал. Заморозком называется кратковременное понижение температуры воздуха или деятельной поверхности (поверхности почвы) до 0 °С и ниже на общем фоне положительных средних суточных температур.

По характеру процессов образования заморозков и погодных условий различают три типа заморозков:

1) адвективные – обусловлены только адвекцией холодного воздуха, распространяются на большие площади;

2) радиационные – вызваны радиационным выхолаживанием приземного воздуха; как правило, наблюдаются в утренние часы и не повсеместно;

3) адвективно–радиационные – обусловлены вторжением холода и дополнительным радиационным охлаждением приземного слоя воздуха в ночные и утренние часы суток.

По интенсивности заморозки делятся на *слабые* (от 0 до минус 2 °С), *средние* (от минус 3 до минус 5 °С) и *сильные* (от минус 5 °С и ниже). Интенсивность заморозков зависит от рельефа местности. На больших ровных участках создаются средние условия заморозко-опасности, поскольку здесь не происходит ни притока, ни стока охлажденного воздуха. В замкнутых долинах продолжительность беззаморозкового периода резко сокращается, а в выпуклых формах рельефа (вершины холмов и верхние части склонов) возрастает по сравнению с открытым ровным местом. Интенсивность заморозков зависит и от местных условий хозяйства, расположения полей в севообороте, расстояния от крупных водоемов и лесных массивов. Повреждение культурных растений заморозками зависит от их устойчивости к низким температурам. Температура, ниже которой растения повреждаются или гибнут, называется критической. Критическая температура зависит от вида и сорта растения, его состояния и фазы развития.

В. Н. Степановым выделено пять групп полевых культур по их устойчивости к заморозкам на уровне растений в различные фазы развития при средней продолжительности заморозков 5–6 ч.

Так, как современные методы предсказания заморозков не обеспечивают стопроцентную оправдываемость, в практике их дополняют по разработанным методам.

1. Метод Михалевского. Для определения ожидаемого минимума температуры воздуха Михалевский предложил формулу (15)

$$t_{\text{в}} = t' - (t - t') \cdot C \quad (15)$$

для определения минимальной температуры на поверхности почвы формула имеет вид (16)

$$t_{\Pi} = t' - (t - t') \cdot 2C, \quad (16)$$

где t – температура воздуха по сухому термометру прибора психрометра в 13 ч; t' – температура воздуха по смоченному термометру психрометра в 13 ч; C – коэффициент, зависящий от относительной влажности воздуха f .

Прогноз заморозков, полученный днем, уточняют по облачности после 19 ч. Если после 19 ч облачность меньше 4 баллов, то ожидаемый ночной минимум температуры уменьшается на 2 °С.

При облачности от 4 до 7 баллов к полученной минимальной температуре поправок не вводят. При облачности 8–10 баллов минимум температуры повышается на 2 °С.

Если в результате расчета по формулам Михалевского оказалось, что меньше минус 2 °С, то надо ожидать заморозка; если от минус 2 до + 2 °С, то заморозок вероятен, если $t_{\text{в}} > 2$ °С, то заморозок маловероятен.

Так как радиационные и адвективно-радиационные заморозки зависят от местных условий, то распространять на соседние территории полученные результаты можно лишь с учетом характера подстилающей поверхности.

2. Метод П. И. Броунова. Метод связывает вероятность возникновения заморозка с температурой воздуха в вечерний срок наблюдения и с разностью между температурой воздуха в дневной и вечерний сроки. На графике по вертикали нанесены температуры воздуха, отсчитанные в 21 ч, по горизонтали – разность температур в 13 и 21 ч. Зная температуру воздуха в 21 ч и разность температур воздуха в 13 и 21 ч, по графику определяется вероятность заморозка.

Ход работы. Определить изменение интенсивности ожидаемых заморозков для долин, расположенных в холмистой местности. Составить перечень сельскохозяйственных культур, находящихся в фазах всходов и цветения, которые могут частично погибнуть от ожидаемых заморозков.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Что называется заморозком? Назовите причины возникновения заморозков.
2. Как влияет рельеф местности на интенсивность и продолжительность заморозков?
3. На учете, каких метеорологических элементов и при помощи, каких приборов делается предсказание заморозков по методу Михалевского?
4. Изложите метод предсказания заморозков, предложенный Броуновым.
5. Для каких целей требуются сведения о заморозках?

Лабораторная работа 12. Прогноз запасов продуктивной влаги в почве к началу полевых работ

Цель работы. Формирование знаний о значении прогнозов запасов влаги в почве и умений оценки ожидаемых запасов влаги весной

Задание. По предложенным вариантам определить дефицит влаги метрового слоя (в мм); изменение запасов влаги за осеннее-весенний период (в мм); запасы влаги, ожидаемые весной (в мм, в % от наименьшей влагоемкости, в % от средних многолетних запасов).

Расчет следует вести для районов с устойчивой зимой (варианты 1, 3) и для районов с неустойчивой зимой (варианты 1, 2)

Оборудование и материалы. Метеорологические сведения, сведения о запасах продуктивной влаги.

Теоретический материал. Прогноз запасов продуктивной влаги к началу вегетационного периода составляется для тех районов, где запасы влаги в метровом слое почвы к концу осени не достигают наименьшей влагоемкости.

Этот прогноз имеет большое значение для районов недостаточного и неустойчивого увлажнения.

Влагозапасы почвы оцениваются величиной продуктивной влаги. Весенние запасы продуктивной влаги являются главным водным ресурсом для выращивания озимых и других культур. Они определяют влагообеспеченность в период формирования колоса и цветка и уровень урожайности зерновых культур.

Методика прогноза запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, разработанная Л. А. Разумовой, основана на зависимости весенних запасов влаги $W_{\text{ВЕС}}$ в почве от осенних запасов $W_{\text{ОС}}$ и количества осадков r за осенне-зимний период.

Изменение запасов продуктивной влаги в течение зимнего периода выражается следующими уравнениями:

– для районов с глубоким залеганием грунтовых вод и устойчивой зимой (17):

$$\Delta W = 0,15r + 0,56d - 20; \quad (17)$$

– для районов с глубоким залеганием грунтовых вод и неустойчивой зимой (18)

$$\Delta W = 0,21r + 0,62d - 33. \quad (18)$$

Здесь ΔW – изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (мм) за период от последнего определения запасов влаги в почве перед ее замерзанием (исходные запасы) до первого определения запасов влаги в почве весной (декады перехода температуры воздуха через 5°C); r – количество осадков (мм), выпавших за период от последнего определения влажности почвы осенью до даты составления прогноза, плюс осадки, ожидаемые от даты составления прогноза до даты перехода средней суточной температуры воздуха через 5°C весной; d – недостаток насыщения почвы влагой в метровом слое (мм) осенью (разность между наименьшей влагоемкостью и исходными осенними запасами влаги).

Ход работы. Расчет ожидаемых запасов продуктивной влаги в почве к началу сева яровых культур по методу Разумовой рассмотрим на следующем примере.

1. Информация для составления прогноза:

1.1. Дата составления прогноза – 11 марта.

1.2. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на поле под зябью – 119 мм.

1.3. Дата последнего определения влажности почвы осенью – 26 октября.

1.4. Дата перехода средней суточной температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 3 ноября.

1.5. Наименьшая влагоемкость метрового слоя почвы на полях – 190 мм.

2. Определить недостаток насыщения почвы влагой до наименьшей влагоемкости осенью: $190 - 119 = 71$ мм.

3. Выписать из агроклиматического справочника средние многолетние запасы продуктивной влаги на весну. В данном случае $W_B = 126$ мм.

4. Вычислить сумму осадков за период от последнего определения продуктивной влаги осенью до дня составления прогноза (с 26 октября до 11 марта). Сумма осадков за указанный период определяется из метеорологических таблиц. В данном примере сумма равна 217 мм.

5. Определить дату устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ весной. Согласно данным агроклиматического справочника, эта дата – 20 апреля.

6. Вычислить ожидаемую сумму осадков за период от даты составления прогноза (11 марта) до весеннего начала вегетации озимых зерновых культур (20 апреля). Эти данные берутся из агроклиматического справочника с учётом прогноза погоды. По прогнозу погоды на март и апрель количество осадков предполагается равным примерно среднему многолетнему. Сумма осадков за две декады марта и две декады апреля составляет: $10 + 9 + 10 + 11 = 40$ мм.

7. Вычислить сумму осадков за период от последнего определения влажности почвы осенью (26 октября) до весеннего начала вегетации зерновых культур (20 апреля): $40 + 217 = 257$ мм.

8. Рассчитать ожидаемые изменения запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы ΔW за тот же период (в данном примере используется формула (17)): $\Delta W = 0,115 * 257 + 0,56 * 71 - 20 = 49$ мм, где недостаток насыщения почвы влагой до наименьшей влагоемкости осенью $d = 71$ мм.

9. Вычислить ожидаемые запасы продуктивной влаги в почве весной $W_{ВЕС}$ (на 20 апреля): $W_{ВЕС} = W_{ОС} + \Delta W = 119 + 49 = 168$ мм.

10. Дать оценку ожидаемых запасов влаги весной. Для этого следует сравнить весенние запасы влаги $W_{ВЕС}$ с критериями запасов продуктивной влаги, предложенными Е. С. Улановой. Ожидаемые запасы влаги в данном примере равны 168 мм, что больше 150 мм. Запасы влаги хорошие.

Оценку ожидаемых запасов продуктивной влаги весной можно сделать методом сравнения $W_{ВЕС}$ с наименьшей влагоемкостью (190 мм) и со средними

многолетними запасами влаги весной, наблюдаемыми на полях данной станции (126 мм). Эти отношения обычно выражают в процентах:

$$\frac{168}{190} \cdot 100\% = 88\% ; \quad \frac{168}{126} \cdot 100\% = 133\% .$$

Весенние запасы влаги достаточно хорошие, так как превышают средние многолетние на 33 %.

11. Определить по атласу запасов влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на третью декаду апреля под озимыми зерновыми культурами по своему району.

12. Занести исходные данные и результаты расчетов в таблицу.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Для каких районов составляется прогноз запасов влаги к началу вегетационного периода?
2. Как оценить ожидаемые запасы продуктивной влаги?
3. Для какой цели делают прогноз запасов продуктивной влаги?
4. Какие исходные данные используются в расчете ожидаемых весенних запасов продуктивной влаги?
5. По какому уравнению рассчитывается изменение запасов продуктивной влаги за осенне-зимний период?

Лабораторная работа 13. Прогнозы наступления фаз развития сельскохозяйственных культур

Цель работы. Формирование знаний о влиянии температуры на рост и развитие зерновых и умений рассчитывать сроки наступления основных фаз развития озимой пшеницы по температуре воздуха.

Задание. По предложенным вариантам рассчитать дату появления всходов и наступления фазы кущения озимой пшеницы при оптимальном увлажнении почвы в период сева. В соответствии с результатами расчетов дать оценку состояния посевов к завершению осенней вегетации.

Оборудование и материалы. Температура воздуха за летне-осенний период, сроки сева озимых культур.

Теоретический материал. В зависимости от того, какие жизненные явления берутся в основу при периодичности жизненного цикла, онтогенез высших растений подразделяют:

- а) Два основных периода: первый – формирование вегетативных органов (корней, стеблей, листьев), выполняющих важнейшие функции (питание, дыхание, водоснабжение, синтез и передвижение веществ). Второй – формирование

генеративных органов соцветий (цветков и органов размножения), плодов и семян.

б) Фенологические фазы развития и роста, характеризующиеся четко выраженными внешними морфологическими изменениями: фазы прорастания семян, появления исходных побегов, роста стебля, цветения, образования и созревания плодов и семян и другими признаками.

в) Основные возрастные периоды, характеризующиеся переходом растения от ювенильного состояния к зрелости и размножению, а затем к старению и смерти.

г) Стадии развития, отражающие изменения растений к изменению экологических условий. Смена условий внешней среды и их соотношений, необходимых для прохождения процесса индивидуального развития растений, характеризует основные различия стадий и переход растения от одной стадии к другой. Смена факторов при переходе от одной стадии к другой обусловлена всей предыдущей историей рода, вида и сорта.

д) Этапы формирования органов, или этапы органогенеза растений. Все процессы, характеризующие различные периоды онтогенеза, протекают синхронно и взаимосвязаны. В организме растения в процессе индивидуального развития наряду с превращением веществ и энергетическим обменом всегда идут процессы превращения форм макро- и микроструктур, процессы изменения строения органов. Единство растительных организмов с условиями жизни осуществляется через органы, тесно связанные и приспособленные к выполнению физиологических функций.

Рост озимых зерновых культур проходит в течение двух циклов, разграниченных между собой в умеренных и северных широтах длительным периодом (от трех до семи месяцев) вынужденного покоя, вызванного неблагоприятными условиями для нормального роста растений. Первый цикл роста начинается осенью, с момента прорастания семян, и заканчивается фазой кущения при прекращении осенней вегетации растений. Второй цикл роста озимых начинается весной, с момента возобновления вегетации, и заканчивается плодоношением и отмиранием растений.

Состояние озимых зерновых культур и степень их кустистости к периоду прекращения вегетации осенью во многом определяют их перезимовку и будущий урожай.

К периоду завершения осенней вегетации растения озимых должны пройти первые пять фаз развития и хорошо подготовиться к зимним условиям. Для нормального развития растений в осенний период важное значение имеют сроки сева. Оптимальными сроками сева считаются такие, при которых у растений ко времени прекращения вегетации наблюдается 3–5 побегов, предельно ранними – при которых озимые заканчивают вегетацию с кустистостью 6 побегов и более, и предельно поздними – при которых озимые ко времени прекращения вегетации остаются в начале кущения.

Основными агрометеорологическими факторами, от которых зависят рост и развитие озимых культур в осенний период, являются температура воздуха и

увлажнение почвы. В условиях достаточного увлажнения почвы главное, определяющее значение для роста и развития озимых имеет температура.

При расчетах оптимальных сроков посева используют показатели суммы эффективных температур А. А. Шиголева. Им было установлено, что при достаточном увлажнении почвы для образования шести побегов озимым необходима сумма эффективных температур воздуха (выше 5 °С), равная 300 °С, для образования трех побегов – 200 °С и для начала кущения озимой пшеницы – 134 °С, озимой ржи – 119 °С. Эти показатели прошли большую производственную проверку и по ним были рассчитаны средние многолетние оптимальные сроки сева озимых культур.

Активная вегетация зерновых культур осенью прекращается в южных районах страны при переходе средней суточной температуры воздуха через 3 °С, а в более северных районах – через 5 °С.

Растение в процессе своего роста находится под воздействием физических свойств среды. Влияние метеорологических факторов на рост и формирование продуктивности изучается методом параллельных наблюдений.

Скорость развития сельскохозяйственных культур зависит от сортовых особенностей растений и хода основных метеорологических факторов.

Продолжительность межфазного периода n зависит от температуры окружающей среды и ее можно выразить уравнением (19)

$$n = \frac{A}{\bar{t} - B}. \quad (19)$$

Здесь A – сумма эффективных температур, необходимая для прохождения межфазного периода растения; \bar{t} – среднесуточная температура воздуха за период, °С; B – свойственное данному растению значение нижнего предела начальных температур воздуха (для зерновых и плодовых культур $B = 5$ °С).

Зависимость продолжительности периода Y сев – всходы озимой пшеницы от средней температуры воздуха t за межфазный период (по Н. Н. Яковлеву) выражается формулой (20)

$$Y = \frac{112}{t}, \quad (20)$$

Расчет продолжительности периода Y всходы – кущение для озимых по средней температуре воздуха t производится по формуле, предложенной Е. С. Улановой (21)

$$Y = \frac{575}{t^{1,58}}. \quad (21)$$

Отклонение увлажнения почвы от оптимального приводит к задержке развития растений в период вегетативного роста. В период репродукции увеличение запасов продуктивной влаги в почве удлиняет межфазные периоды.

Зависимость продолжительности периода Y всходы – кущение озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения выражается уравнением Е. С. Улановой (22)

$$Y = \frac{93,4}{W^{0,64}}, \quad (22)$$

где W – запасы продуктивной влаги в пахотном слое, мм.

Подсчет сроков наступления фаз развития растений пшеницы по температурным показателям можно провести суммированием эффективных температур воздуха до определенной константы и с помощью формул, отражающих зависимость периода прохождения соответствующих фаз от среднесуточной температуры воздуха за период прохождения фаз.

Ход работы. Последовательность выполнения лабораторной работы рассмотрим на примере расчета межфазных периодов озимой пшеницы сорта Мироновская 808.

1. Определить дату окончания сева озимой пшеницы в районе. По данным районного агропромышленного объединения сев пшеницы закончился 20 августа.

2. Установить дату проведения расчетов межфазных периодов озимой пшеницы. Данный расчет обычно проводится после завершения сева. В данном случае расчет делается 21 августа.

3. Рассчитать среднюю дату появления всходов пшеницы методом суммирования эффективных температур воздуха. Для наступления всходов требуется период, за который накопится $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ эффективных температур. Расчет $\sum t$ проводится по данным метеорологических бюллетеней за третью декаду августа:

$$\sum t = 9,0 + 10,5 + 12,7 + 17,3 + 18,9 = 68,4\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

В сумму вошли эффективные температуры за первые пять дней третьей декады августа. К 25 августа накопилась необходимая сумма эффективных температур ($67\text{ }^{\circ}\text{C}$) для появления всходов пшеницы. За дату всходов пшеницы принимается следующий день, т. е. 26 августа.

5. Рассчитать сроки наступления фазы кущения пшеницы. От даты всходов до фазы кущения требуется сумма эффективных температур, равная $134\text{ }^{\circ}\text{C}$. При подсчете этой суммы используются метеорологические данные за третью декаду августа и первую декаду сентября:

$$\sum t = 19,2 + 16,8 + 12,3 + 8,9 + 11,0 + 9,5 \cdot 7 = 134,7\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Необходимая сумма эффективных температур накапливается к 7 сентября. Дата фазы начала кущения озимой пшеницы приходится на 8 сентября.

6. Дату наступления фазы кущения можно определить по среднесуточной температуре воздуха за период от даты всходов до даты кущения. В данном случае средняя температура воздуха определяется с 26 августа по 7 сентября по данным из метеорологических таблиц:

$$t = \frac{24,2 + 21,8 + 17,3 + 13,9 + 16,0 + 14,5 \cdot 7}{5 + 7} = 16,2\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Искомый межфазный период n (в днях) определяется по формуле (19) ($A = 134\text{ }^{\circ}\text{C}$, $B = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$):

$$n = \frac{134}{16,2 - 5} = 12.$$

Дата начала кущения пшеницы приходится на 8 сентября (26 VIII+12+1=8 IX).

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Каковы оптимальные сроки сева озимых культур для центральных областей?
2. От каких основных метеорологических факторов зависит рост и развитие озимых культур в осенний период вегетации?
3. Какова сумма эффективных температур воздуха, необходимая для появления всходов и начала кущения озимой ржи и озимой пшеницы?
4. Как определить даты прекращения вегетации озимых в осенний период?
5. Какими показателями определяется состояние озимых в конце осеннего прекращения вегетации?

Лабораторная работа 14. Прогноз сроков цветения плодовых культур

Цель работы. Формирование знаний о фенологическом прогнозе сроков цветения плодовых культур в зависимости от теплового фактора и умений его составлять.

Задание. Вычислить сроки цветения плодовых культур в двух вариантах для каждой культуры:

- 1) если прогноз составлен в день начала возобновления вегетации;
- 2) спустя семь дней после ее начала.

При расчетах второго варианта следует принять во внимание, что температура воздуха будет превышать многолетнюю норму на 1 °С.

Оборудование и материалы. Агрометеорологические условия весенне-летнего периода.

Теоретический материал. Для расчетов времени начала цветения плодовых культур применяются показатели сумм эффективных температур, разработанные Щиголевым.

Продолжительность периодов между фазами развития растений А. А. Щиголев предложил определять по сумме эффективных температур, необходимых для прохождения растениями каждого из этих периодов. Эффективная температура представляет собой среднесуточную температуру воздуха, уменьшенную на начальную температуру роста, т. е. на 5 °С – биологический нуль.

Сумма эффективных температур определяется путем суммирования средних суточных температур воздуха, уменьшенных на значение биологического минимума (23):

$$\sum t_{\text{эф}} = (t - t_0) \cdot n, \quad (23)$$

здесь $\sum t_{\text{эф}}$ – сумма эффективных температур за n дней, °С; t – средняя суточная температура за период n дней, °С; t_0 – начальная температура развития (биологический нуль, °С).

Для многих сортов яблони, культивируемых в зоне умеренного климата Европейской части, сумма эффективных температур от начала вегетации до начала цветения равна $(185 \pm 10)^\circ\text{C}$, а до конца цветения $(310 \pm 25)^\circ\text{C}$. Груша начинает зацветать при накоплении суммы эффективных температур $(125 \pm 10)^\circ\text{C}$. Абрикос зацветает при сумме температур воздуха 90°C .

Для определения даты начала и конца цветения плодовых деревьев необходимо вычислить дату, к которой накопится соответствующая сумма эффективных температур. Для районов с устойчивой зимой суммы эффективных температур подсчитывают с момента устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 5°C , а для районов с неустойчивой зимой – с 1 января, причем в случае похолодания накопившуюся сумму эффективных температур до похолодания учитывают при дальнейшем подсчете после похолодания.

Расчет ожидаемых сроков цветения яблони составляется в следующей декаде после набухания почек.

Дату наступления фазы, цветения плодовых растений можно определить методом последовательного суммирования средних суточных эффективных температур до определенной константы. Датой начала цветения является следующий день после даты, на которую накопится определенная сумма эффективных температур (для яблони – 185°C).

При подсчете суммы эффективных температур этим методом от даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C до даты составления прогноза используют данные о температуре воздуха, взятые из агрометеорологических таблиц для ближайшей станции. Недостающую до константы сумму эффективных температур добирают из областного агроклиматического справочника с учетом прогноза погоды на ближайший месяц. Для определения даты наступления фазы начала цветения плодовых растений используют уравнение, предложенное А. А. Щиголевым (24):

$$D = D_1 + \frac{A}{t - B} \quad (24)$$

Если прогноз составляется значительно позже перехода температуры воздуха через 5°C , то расчеты производят по формуле (25)

$$D = D_2 + \frac{A - \sum t_{\text{эф}}}{t - B} \quad (25)$$

В этих формулах D – ожидаемая дата наступления фазы (начало цветения); D_1 – дата возобновления вегетации плодовых культур (дата устойчивого перехода среднесуточной температуры через 5°C); D_2 – дата составления более позднего прогноза; A – сумма эффективных температур выше 5°C , при которой начинается цветение (константа); t – средняя температура воздуха за прогнозируемый период n , °С; B – начальная температура развития, т. е. биологический минимум, равный для плодовых растений 5°C ; $\sum t_{\text{эф}}$ – сумма эффек-

тивных температур, накопившаяся от даты перехода температуры через 5 °С до даты составления прогноза, °С.

При составлении такого прогноза подсчет сумм эффективных температур приходится делать частично по наблюдаемым данным, а частично по прогнозируемым.

Для вычисления средней температуры воздуха следует использовать данные о температуре воздуха от даты устойчивого перехода температуры через 5 °С в текущем году до средней многолетней даты начала цветения плодовой культуры в этом районе.

Рельеф местности может изменить температурные условия, что отразится на сроках начала цветения плодовых культур. Сады, расположенные на южном склоне, зацветут на 2 дня раньше, чем на равнине, а на северном склоне – на 3 дня позже, чем на равнине.

Ошибка прогноза даты цветения плодовых культур в Европейской части РФ достигают 4 дня.

Хорошая оправдываемость расчетов по указанным суммам эффективных температур наблюдается для большинства культур в районах (или в годы) с устойчивой зимой, т. е. с продолжительным периодом зимнего покоя у плодовых культур. В районах (или в годы) с очень неустойчивой зимой, с неоднократными сильными оттепелями, когда температура воздуха днем повышается до 10 °С и выше и зимний покой плодовых культур неоднократно за зиму нарушается, указанные суммы температур требуют поправок. Эти поправки необходимо определить для отдельных районов по типам зим с различной повторяемостью оттепелей и их интенсивностью. Следует также проводить тщательный анализ периода, предшествующего цветению.

В период, предшествующий цветению, хотя температура и является основным метеорологическим фактором, но большое значение имеют также облачность и осадки. В случае, когда осадки незначительны, сроки цветения не нарушаются, если осадки большие, цветение запаздывает из несколько дней.

Ход работы. Рассмотрим пример составления прогноза сроков цветения яблони методом суммирования эффективных температур.

1. Дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С весной – 17 апреля.

2. Вычислить среднесуточную температуру воздуха за период от даты начала вегетации до даты составления прогноза (от 17 до 24 апреля).

Среднесуточные температуры за указанный период берутся из метеорологических бюллетеней:

$$\bar{t} = \frac{5,4 + 7,8 + 11,2 + 10,6 + 13,6 + 14,3 + 13,3 + 10,0}{8} = 10,8^\circ\text{C}$$

3. Определить сумму эффективных температур воздуха за тот же период по формуле (23):

$$\sum t_{\text{эф}} = (10,8 - 5) \cdot 8 = 46,4^\circ\text{C}$$

Сумма 46,4 °С значительно меньше константы ($A = 185^\circ\text{C}$), поэтому недостающая сумма эффективных температур набирается из агроклиматиче-

ского справочника с учетом прогноза погоды на последние дни апреля и всего мая. По прогнозу погоды за указанный период ожидается значительное потепление. Температура воздуха будет превышать многолетнюю норму на 2 °С.

4. Вычислить сумму эффективных температур с 25 по 30 апреля. В третьей декаде апреля температура воздуха с учетом прогноза погоды будет равна $9,2 + 2 = 11,2$ °С;

$$\sum t_{эф} = (11,2 - 5) \cdot 6 = 37,2 \text{ °С.}$$

Здесь 6 – число дней в указанном периоде.

5. Определить сумму эффективных температур с 17 по 30 апреля:

$$46,4 + 37,2 = 83,6 \text{ °С.}$$

6. Вычислить сумму эффективных температур за первую декаду мая:

$$(14,0 - 5) \cdot 10 = 90,0 \text{ °С,}$$

где 14,0 °С – среднесуточная температура воздуха за первую декаду мая с учетом прогноза погоды.

7. Определить общую сумму эффективных температур за период от 17 апреля по 10 мая:

$$83,6 + 90 = 173,6 \text{ °С.}$$

8. Вычислить недостающую до константы сумму эффективных температур по температуре второй декады мая. По данным агроклиматического справочника с учетом прогноза погоды среднесуточная температура воздуха во второй декаде мая равна 15,9 °С:

$$\sum t_{эф} = (15,9 - 5) \cdot 2 = 21,8 \text{ °С.}$$

Здесь 2 – означает число первых двух дней второй декады.

9. Определить итоговую сумму эффективных температур, необходимую для фазы начала цветения яблони:

$$173,6 + 21,8 = 195,4 \text{ °С.}$$

В результате подсчета получается, что необходимая сумма эффективных температур для начала цветения яблони (185 °С) накопится 12 мая.

Датой наступления прогнозируемой фазы считается следующий день после накопления $\sum t_{эф}$, т. е. цветение яблони ожидается 13 мая.

Допустимая ошибка отклонений фактических и рассчитанных сроков составляет 4 дня.

10. Уточнить даты начала цветения яблони с учетом рельефа местности, занятой под садом. В данном случае сады расположены на ровном месте, поэтому поправки на дату цветения не вводятся.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Какое значение имеют агрометеорологические прогнозы в сельскохозяйственном производстве?
2. Какая агроклиматическая и агрометеорологическая информация используется в расчетах сроков цветения плодовых культур?
3. Какой агрометеорологический показатель выражает потребность плодовых растений в тепле?
4. Какую роль играет температура воздуха в формировании урожайности плодовых культур?
5. В каких зонах выращивают позднеспелые сорта плодовых культур?

Лабораторная работа 15. Расчет урожая сельскохозяйственных культур

Цель работы. Формирование знаний об агроклиматических условиях формирования урожайности зерновых и умений делать расчет ожидаемой урожайности озимой пшеницы

Задание. Вычислить ожидаемую урожайность озимой пшеницы сорта «Безостая 1» в двух вариантах по предложенным данным.

Оборудование и материалы. Фенологические наблюдения за озимой пшеницей, сведения о весенних запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы, агрометеорологические условия весенне-летнего периода.

Теоретический материал. Урожайность – интегральная величина, которая зависит от биологических особенностей культуры и условий выращивания.

На формирование урожая сельскохозяйственных культур влияет множество факторов, имеющих различную значимость и изменчивость во времени. По изменчивости эти факторы можно разделить на три группы:

- 1) факторы устойчивые: местонахождение, механический состав почв, фенологические особенности растений и т. п.;
- 2) факторы, изменение которых от года к году оказывает положительное влияние, – это факторы, связанные с ростом культуры земледелия (внесение удобрений, мелиорация, механизация и др.);
- 3) факторы, изменение которых во времени влияет положительно или отрицательно на формирование урожая; к ним относятся метеорологические факторы и состояние растений и посевов (густота посевов, площадь листовой поверхности, число колосоносных стеблей и т. п.).

Для прогноза урожая необходимо учитывать в первую очередь факторы третьей группы, выбирая из них в качестве предикторов основные и лимитирующие. Связи из этих факторов с урожайностью устанавливают статистическими методами и выражают в виде прогностических уравнений.

Вторая группа факторов, отражающая влияние агротехники, учитывается как корректирующая результаты решения прогностических уравнений, т. е. вносится поправка на тенденцию роста урожайности, которая выражается линией тренда. В настоящее время линии тренда рассчитаны для многих культур.

Таким образом, научной основой методов агрометеорологических прогнозов урожая является биологически обоснованные и выраженные численно зависимости роста, развития и продуктивности растений от метеорологических условий, динамики запасов почвенной влаги, уровня агротехники.

Важнейшими факторами жизни растений являются питательные вещества, свет, тепло и влага. Не все эти факторы ежегодно наблюдаются в оптимуме, что не дает возможности постоянно получать устойчивые и высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

Для оценки урожайности озимой пшеницы в период весенне-летнего развития растений применяют комплексный агроклиматический показатель K (26):

$$K = K_y + K_\sigma = \frac{W_B + \sum r_{BC}}{0,01 \sum t_{BC}} + 0,001 n_{KC} H, \quad (26)$$

где K_y – показатель, характеризующий агроклиматические условия формирования урожайности озимой пшеницы весенне-летнего периода; K_σ – показатель конечной биологической продуктивности озимой пшеницы (биомассы) с учетом осенне-летних и осенне-зимних условий; W_B — запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в декаду возобновления вегетации озимой пшеницы весной, мм; $\sum r_{BC}$ – сумма осадков от возобновления вегетации пшеницы весной до восковой спелости, мм; $\sum t_{BC}$ – сумма средних суточных температур воздуха (выше 5 °С) от возобновления вегетации до восковой спелости; n_{KC} – число колосоносных стеблей озимой пшеницы на 1 м² в фазу восковой спелости; H – конечная высота озимой пшеницы, см.

Значительные колебания урожая озимой пшеницы по годам связаны главным образом с колебаниями режима влажности почвы и состояния озимой пшеницы в разные по условиям перезимовки годы. Запасы продуктивной влаги в районах, где тепла бывает достаточно, являются главным инерционным фактором, определяющим не только настоящее, но будущие условия формирования урожая озимой пшеницы. Кроме того, они являются интегральным показателем агрометеорологических условий, так как количество влаги в почве есть функция целого комплекса факторов.

Е. С. Улановой был проведен анализ сопряженных данных урожая озимой пшеницы с метеорологическими факторами и были найдены прогностические зависимости урожайности от весенних запасов влаги в метровом слое почвы с учетом разного числа стеблей, сохранившихся после перезимовки. Так прогноз урожайности озимой пшеницы отдельного поля для сортов типа Безостая 1 и Мироновская 808 в декаду весеннего обследования посевов можно рассчитать по уравнению (27):

$$Y = 0,0059W + 0,0024n - 0,297, \quad (27)$$

где Y – ожидаемая урожайность, т/га; W – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в декаду возобновления вегетации, n – число стеблей на 1 м², сохранившихся после перезимовки.

Число стеблей у озимой пшеницы в течение весенне-летней вегетации не остается постоянным, но число стеблей весной является как бы потенциальным резервом числа колосоносных стеблей в будущем.

Урожай озимой пшеницы значительно возрастает с увеличением числа стеблей весной примерно от 500 до 1000 на 1 м²; при числе стеблей весной от 1000 до 2000 на 1 м² урожай находится примерно на одном уровне и зависит только от агрометеорологических условий; при числе стеблей более 2000 урожай снижается вследствие сильной загущенности посевов.

В фазу выхода в трубку ожидаемая урожайность определяется по уравнению (28):

$$Y = -2,44 + 0,03W - 10^{-4}W^2 + 0,004n - 10^{-6}n^2 + 0,052t - 0,002t^2 - 0,002r + 10^{-4}r^2, \quad (28)$$

где Y – ожидаемая урожайность, т/га; W – средние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы за период возобновления вегетации – выход в трубку, мм; n – число стеблей на 1 м² в фазу выхода в трубку; t и r – соответственно средняя температура (°C) и количество осадков (мм) за тот же период.

Обеспеченность ожидаемой урожайности, рассчитанной по уравнению (28), составляет 87 %. В период начала фазы колошения озимой пшеницы высокую обеспеченность (90 %) дает уравнение (29), по которому можно рассчитать ожидаемую урожайность Y (т/га) с месячной заблаговременностью в зависимости от запасов влаги в метровом слое почвы весной W (мм), от числа колосных стеблей на 1 м² в фазу колошения n , от суммы осадков за период возобновления – вегетации–колошение r (мм), от средней температуры за этот же период t (°C) и от высоты озимой пшеницы в фазу колошения h (см) (29):

$$Y = -4,28 + 0,035W - 1,1 \cdot 10^{-4}W^2 + 0,002n - 7 \cdot 10^{-7}n^2 - 4 \cdot 10^{-4}r - 2 \cdot 10^{-5}r^2 + 0,33t - 0,015t^2 + 0,024h + 4 \cdot 10^{-7}h^2 \quad (29)$$

В очень засушливые годы с сильными суховеями в период цветения – восковая спелость, необходимо уточнить прогноз в фазу молочной спелости. Расчетное уравнение имеет вид (30)

$$Y = -0,708 + 0,004W - 0,003r_1 + 0,0004r_2 + 0,002n + 0,024h, \quad (30)$$

где W – запасы продуктивной влаги в декаду возобновления вегетации, мм; r_1 – количество осадков в период от возобновления–вегетации до цветения, мм; r_2 – количество осадков в период от цветения до восковой спелости, мм; n – число колосных стеблей в фазу молочной спелости на 1 м²; h – высота растений в фазу молочной спелости, см.

Ход работы. Расчет ожидаемой урожайности озимой пшеницы проведем на следующем примере.

1. Получить данные весеннего обследования полей озимых культур и метеорологическую информацию за апрель. Число стеблей, сохранившихся после перезимовки, составляло 850 на 1 м². Запасы продуктивной влаги в метровом слое равнялись 180 мм.

2. Вычислить ожидаемую урожайность озимой пшеницы [уравнение (27)]:

$$Y = 0,0059 \cdot 180 + 0,0024 \cdot 850 - 0,297 = 2,81 \text{ т/га}$$

3. Вычислить ожидаемую урожайность в фазу выхода в трубку. Фаза выхода в трубку у озимой пшеницы наблюдалась 11 мая. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к этому периоду снизились до 160 мм. Количество осадков за период от возобновления вегетации (13 апреля) до фазы выхода в трубку (11 мая) по метеорологическим таблицам составляло 35 мм; средняя

температура воздуха за этот же период равнялась 9,2 °С. Число стеблей в фазу выхода в трубку сократилось до 750 на 1 м². Расчет проводится по уравнению (28):

$$Y = -2,44 + 0,03 \cdot 160 - 10^{-4} 160^2 + 0,004 \cdot 750 - 10^{-6} 750^2 + \\ + 0,052 \cdot 9,2 - 0,002 \cdot 9,2^2 - 0,002 \cdot 35 + 10^{-4} \cdot 35^2 = 3,0 \text{ т/га}$$

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствии с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на формирование урожая сельскохозяйственных культур?
2. Что такое лимитирующие и инерционные факторы, использующиеся в прогнозах урожайности озимых культур?
3. Почему весенние запасы продуктивной влаги являются главными в формировании урожайности зерновых?
4. Какая агрометеорологическая и агроклиматическая информация используется в расчетах прогнозов урожайности озимой пшеницы?
5. Какое уравнение прогноза урожайности озимой пшеницы используется в период возобновления вегетации?

2. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Студент обязан соблюдать действующие в университете правила внутреннего распорядка. Соблюдать действующие Правила пожарной безопасности.

Перед началом лабораторной работы студент должен занять место в аудитории согласно расписанию занятий, на столе должны находиться только предметы необходимые для выполнения лабораторной работы.

Во время выполнения лабораторной работы студент должен находиться на своем месте, не допускается хождение по аудитории. Запрещено заниматься посторонними делами, не связанными с учебным процессом (разговаривать, принимать пищу).

При выполнении лабораторной работы пользоваться только исправными приборами, материалами и электроарматурой; не оставлять без присмотра включенное оборудование и электроприборы.

При выполнении лабораторных работ с использованием химических реактивов студент обязан соблюдать правила безопасности: при работе с лабораторной посудой; при работе со спиртовкой и сухим горючим; при работе с химическими реактивами. Выполнение лабораторных исследований проводится в точном соответствии с утвержденными методиками.

При работе с химическими реактивами студент должен обязательно пользоваться индивидуальными средствами защиты (халат, резиновые перчатки, защитные очки).

При выполнении полевых исследований студент должен ознакомиться с основными природными особенностями района работ и возможными опасностями.

При подготовке имущества для проведения полевых исследований студенту необходимо контролировать его качество и соответствие нормам безопасности во время работы.

В период проведения полевых исследований запрещается самостоятельная отлучка студента.

Границы полевых исследований, за пределы которых выход без разрешения не допускается, определяются на месте преподавателем.

При обнаружении неисправного лабораторного оборудования, химических реактивов с истекшим сроком годности и (или) получения травмы в ходе выполнения лабораторной работы студент обязан немедленно сообщить об этом преподавателю.

В случае нарушения требований техники безопасности студент отстраняется от выполнения лабораторной работы.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

Лабораторные работы предусмотрены для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины.

Целью лабораторных работ является формирование умений и навыков по освоению методик работы по экологическим проблемам ландшафтного дизайна.

В ходе выполнения лабораторных работ у обучающихся должны сформироваться практические умения и навыки, которые могут составлять часть профессиональной подготовки. По результатам выполнения лабораторной работы студент должен защитить свои теоретические и практические знания.

Критерии оценки устного ответа на контрольные вопросы следующие.

«5» (отлично): обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Обучающийся:

- на высоком уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;
- на высоком уровне способен работать самостоятельно;
- на высоком уровне способен к познавательной деятельности;
- на высоком уровне способен применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных;
- на высоком уровне способен проводить исследования в области агрометеорологии, обрабатывать полученные результаты;
- на высоком уровне способен ориентироваться в проблемах агрометеорологии.

«4» (хорошо): обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Обучающийся:

- на базовом уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;
- на базовом уровне способен работать самостоятельно;
- на базовом уровне способен к познавательной деятельности;
- на базовом уровне способен применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных;
- на базовом уровне способен проводить исследования в области агрометеорологии, обрабатывать полученные результаты;

– на базовом уровне способен ориентироваться в проблемах агрометеорологии.

«3» (удовлетворительно): обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает недостаточно свободное владение монологической речью, терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

Обучающийся:

– на пороговом уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;

– на пороговом уровне способен работать самостоятельно;

– на пороговом уровне способен к познавательной деятельности;

– на пороговом уровне способен применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных;

– на пороговом уровне способен проводить исследования в области агрометеорологии, обрабатывать полученные результаты;

– на пороговом уровне способен ориентироваться в проблемах агрометеорологии.

«2» (неудовлетворительно): обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем. Отказывается отвечать на поставленные вопросы.

Обучающийся:

– на низком уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;

– на низком уровне способен работать самостоятельно;

– на низком уровне способен к познавательной деятельности;

– на низком уровне способен проводить исследования в области агрометеорологии, обрабатывать полученные результаты;

– на низком уровне способен проводить исследования в области агрометеорологии, обрабатывать полученные результаты;

– на низком уровне способен ориентироваться в проблемах агрометеорологии.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Основная литература:

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

Дополнительная литература:

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

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

Локальный электронный методический материал

Александр Иванович Юсов

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 4,1. Печ. л. 3,2.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
236022, Калининград, Советский проспект, 1