

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермская государственная сельскохозяйственная академия
имени академика Д.Н. Прянишникова»

Б.Н. Котюков, Б.Н. Баландин, И.Н. Кузьменко

**СБОРНИК ЗАДАЧ
И ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ
ПО АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ**

Пермь
ИПЦ «Прокрость»
2016

УДК [631:551.5]:635
ББК 40.2:42.34
К738

Рецензенты:

Д.В. Кузякин – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры ботаники, генетики, физиологии растений и биотехнологий ФГБОУ ВО Пермская ГСХА;

М.С. Бочкова – кандидат биол. наук, научный сотрудник ИЭГМ УрО РАН.

К 738 Котюков, Б.Н.

Сборник задач и тестовых вопросов по агрометеорологии / Б.Н. Котюков, Б.Н. Баландин, И.Н. Кузьменко; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2016. –75 с.

В издании приведены термины, решения задач и тестовые вопросы по основным разделам программы дисциплины «Агрометеорология», «Лесная метеорология», «Сельскохозяйственная климатология». Книга предназначена для самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки 35.03.04 и 35.04.04 «Агрономия», 35.03.05 «Садоводство», 35.03.01 «Лесное дело», 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение».

УДК [631:551.5]:635

ББК 40.2:42.34

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета агротехнологий и лесного хозяйства Пермской ГСХА (Протокол № 6 от 1 марта 2016 года).

© Котюков Б.Н., 2016

© Баландин Б.Н., 2016

© Кузьменко И.Н., 2016

© ИПЦ «Прокрость», 2016

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 6 |
| Раздел 1. Атмосферное давление..... | 7 |
| 1.1. Понятие об атмосферном давлении. Барометрическое нивелирование. Барическая ступень. Примеры решения задач..... | 7 |
| 1.2. Задачи..... | 9 |
| Раздел 2. Солнечная радиация..... | 11 |
| 2.1. Прямая, рассеянная, суммарная, отраженная солнечная радиация. Альbedo. Эффективное излучение. Радиационный баланс. Фотосинтетически активная радиация. Примеры решения задач..... | 11 |
| 2.2. Задачи..... | 15 |
| Раздел 3. Температура воздуха и почвы..... | 17 |
| 3.1. Температура активная и эффективная. Суммы температур. Амплитуда годовых колебаний. Вертикальный температурный градиент. Приведение температуры к уровню моря. Определение даты всходов зерновых культур. Примеры решения задач..... | 17 |
| 3.2. Задачи..... | 20 |
| Раздел 4. Влажность воздуха | 22 |
| 4.1. Основные показатели влажности воздуха. Примеры решения задач..... | 22 |
| 4.2. Задачи | 25 |
| Раздел 5. Осадки..... | 27 |
| 5.1. Основные показатели осадков. Определение запасов воды в снеге перед снеготаянием. Примеры решения задач..... | 27 |
| 5.2. Задачи..... | 28 |
| Раздел 6. Заморозки..... | 30 |

| | |
|---|----|
| 6.1. Основные методы расчета заморозков. Примеры решения задач..... | 30 |
| 6.2. Задачи..... | 31 |
| Раздел 7. Засухи..... | 33 |
| 7.1. Критерии засух. Формулы расчета. Примеры для решения задач..... | 33 |
| 7.2. Задачи..... | 34 |
| Раздел 8. Фенологический прогноз..... | 36 |
| 8.1. Прогноз ожидаемой даты восковой спелости зерновых культур. Формулы расчета. Пример решения задач..... | 36 |
| 8.2. Задачи..... | 38 |
| Раздел 9. Тестовые задания по основным разделам агрометеорологии..... | 39 |
| 9.1. Тестовые задания по разделам: введение, земная атмосфера, лучистая энергия, тепловой режим почвы и воздуха..... | 40 |
| 9.2. Тестовые задания по разделам: влажность, испарение воды и конденсация водяного пара, осадки, почвенная влага, опасные для сельского хозяйства метеорологические явления, погода и климат | 54 |
| <i>Приложение 1.</i> Значения синусов различных углов при расчете инсоляции S' | 68 |
| <i>Приложение 2.</i> Альбедо различных видов подстилающей поверхности..... | 68 |
| <i>Приложение 3.</i> Максимальная упругости водяного пара (гПа) в зависимости от температуры воздуха..... | 69 |
| <i>Приложение 4.</i> Группы растений по отношению к минимальной, оптимальной и максимальной температуре воздуха..... | 70 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Приложение 5. Коэффициента С в зависимости от влажности воздуха.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Приложение 6. Суммы эффективных температур (°С), необходимые для прохождения основных межфазовых периодов зерновых культур при оптимальном увлажнении.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Ответы на задачи.....</i> | <i>72</i> |
| <i>Ответы на тестовые задания.....</i> | <i>74</i> |
| <i>Список литературы.....</i> | <i>75</i> |

Введение

Краткий сборник задач и тестов по агрометеорологии составлен в качестве учебного пособия по основным разделам программы для студентов факультетов: агротехнологий и лесного хозяйства; почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения.

Решение задач, тестирование способствуют лучшему усвоению и закреплению теоретических знаний, позволяют подготовить студента к прохождению учебных практик.

Сборник состоит из отдельных глав, в которых даются краткие теоретические пояснения тем, примеры с решением задач, задачи для решения.

Сборник рекомендуется использовать на лабораторных занятиях по дисциплине «Агрометеорология» и «Лесная метеорология», а также при самостоятельной работе.

Раздел 1

Атмосферное давление

1.1. Понятие об атмосферном давлении. Барометрическое нивелирование. Барическая ступень. Примеры решения задач.

Атмосферное давление – основная метеорологическая величина, применяемая в численных методах краткосрочных прогнозов погоды и в бытовых условиях.

Рост атмосферного давления или его понижение свидетельствуют об изменении характера циркуляции атмосферы, о приближении циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов.

В качестве международной единицы для измерения давления принят паскаль (Па) – это давление, вызываемое силой в 1 ньютон (Н) на площадь 1 м^2 , а точнее не сам паскаль, а его производная – гектопаскаль (гПа). Но в связи с тем, что первые барометры были ртутными, применяются другие – традиционные единицы измерения – миллиметры ртутного столба: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$; $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па} = 0,75 \text{ мм рт.ст.}$

Для перевода давления из миллиметров в гектопаскали используют соотношение: $1 \text{ мм рт.ст.} = 1,333224 \text{ гПа} = 1,33 \text{ гПа.}$

На синоптических картах давление, приведенное к уровню моря, показывается в виде системы изобар.

По данным давления и температуры воздуха можно определить превышение одной точки местности над другой с помощью барометра-анероида.

Небольшие (до 1000 м) превышения можно рассчитывать по барометрической формуле Бабинне:

$$H = 8000 \cdot (p_1 - p_2) \cdot 2 / (p_1 + p_2) \cdot (1 + \alpha \cdot t_{cp}),$$

где H – превышение одной точки над другой, м;

8000 – высота в метрах однородной атмосферы, плотность которой с высотой не меняется;

p_1 и p_2 – давление на нижнем и верхнем уровнях, гПа;

t_{cp} – средняя температура воздуха между нижним и верхним уровнями, $t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2$;

α – температурный коэффициент расширения воздуха, $\alpha = 0,00366$.

Вышеуказанную формулу барометрического нивелирования можно использовать для построения топографических карт в сильнопересеченной местности, где геодезическое нивелирование применять затруднительно.

Для барометрического нивелирования можно применять барометрическую ступень.

Барометрическая ступень – расстояние в метрах по вертикали, при котором давление меняется на 1 гПа.

$$H = 8000 \cdot (1 + \alpha \cdot t) / p,$$

где p – давление в точке превышения, гПа;

t – температура в точке превышения, для которой вычисляют барометрическую ступень, $^{\circ}\text{C}$;

8000 – высота в метрах однородной атмосферы, плотность которой с высотой не меняется.

Барометрическая ступень (h) зависит от плотности воздуха. С увеличением высоты над уровнем моря она уменьшается.

Пример. На метеостанции А атмосферное давление составляет 1000 гПа при температуре воздуха 10°C , в то же время на вышерасположенной метеостанции Б атмосферное давление 960 гПа при температуре воздуха 8°C . Определить превышение метеостанции Б над метеостанцией А.

Решение. Для определения небольших разностей высот (до 1000 м) между двумя уровнями в атмосфере применяется вышеуказанная формула Бабини.

Подставляя числовые значения в формулу, получим:
$$H = 8000 \cdot (1000-960) \cdot 2 / (1000+960) \cdot (1+0,00366 \cdot (10+8)/2) = 337,3 \text{ м}$$

Пример. На метеорологической станции, находящейся на высоте 160 метров над уровнем моря, атмосферное давление при измерении оказалось равным 1000 гПа при температуре воздуха 0°. Определите величину барометрической ступени и приведите давление к уровню.

Решение. Если разность высот не превышает 300 метров, то для приведения давления к уровню моря применяется формула барометрической ступени.

Подставляя численные значения в формулу, получаем:

$$h = 8000 \cdot (1 + 0,00366 \cdot 0) / 1000 = 8,03 \text{ метра.}$$

Вычисляем поправку Δp на приведение давления к уровню моря:
$$\Delta p = H / h, \quad \Delta p = 160 / 8 = 20 \text{ гПа,}$$
где H – высота над уровнем моря, м.

Давление на уровне моря $p = 1000 + 20 = 1020 \text{ гПа.}$

1.2. Задачи

1.2.1. На метеорологической станции, расположенной на некоторой высоте над уровнем моря, атмосферное давление составляло 744 мм, при температуре воздуха 10°C; на уровне моря в это время наблюдалось 760 мм, при температуре воздуха 18°C. Определите превышение одной станции над другой.

1.2.2. На метеорологической станции, расположенной на высоте 200 метров, отмечалось атмосферное давление 1025

гПа при температуре воздуха -20°C . Определить давление на уровне моря.

1.2.3. На метеорологической станции, на высоте 150 м над уровнем моря наблюдалось атмосферное давление 740 мм при температуре 5°C . Приведите давление к уровню моря.

1.2.4. На уровне моря атмосферное давление составило 1013 гПа при температуре 0°C . Определите величину барометрической ступени.

1.2.5. Определите высоту горы, если у подножия давление 1015 гПа, температура воздуха 24°C , на вершине горы давление составило 978 гПа, температура 17°C .

1.2.6. На метеорологической станции, расположенной на некоторой высоте над уровнем моря, атмосферное давление составляло 752 мм, при температуре воздуха 10°C , на уровне моря давление 753,5 мм, при температуре воздуха $10,5^{\circ}\text{C}$. Определить превышение между двумя точками.

1.2.7. На метеостанции А, расположенной на высоте 200 метров над уровнем моря, температура составила 10° , давление 1000 гПа. Определите давление на уровне моря.

1.2.8. На станции Пионерская ($H=2700$ м) наблюдалась температура воздуха -60° , при атмосферном давлении 700 гПа. Определить давление на уровне моря, если вертикальный градиент температуры воздуха $0,6^{\circ}$ на каждые 100 метров.

1.2.9. На метеостанции, расположенной 400 метров над уровнем моря давление $p=1002$ гПа, температура воздуха 20° , вертикальный температурный градиент $\lambda=0,6^{\circ}$ на 100 метров. Определить давление на уровне моря.

1.2.10. На метеостанции, высота которой 150 метров, давление 1000 гПа, температура 10° . Вычислить давление на уровне моря.

Раздел 2

Солнечная радиация

2.1. Прямая, рассеянная, суммарная, отраженная солнечная радиация. Альbedo. Эффективное излучение. Радиационный баланс. Фотосинтетически активная радиация. Примеры решения задач

Солнечная радиация – это поток лучистой энергии, в виде электромагнитных волн поступающий непрерывно на земную поверхность.

В международной системе (СИ) используются единицы измерения $\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ или $\text{Вт}/\text{м}^2$ или $\text{Дж}/\text{м}^2$:

$$1 \text{ кал}/\text{см}^2 \cdot \text{мин} = 698 \text{ Вт}/\text{м}^2 = 4,19 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{м}^2.$$

Прежде чем решать задачи необходимо вспомнить определения видов радиации, формулы.

Прямая солнечная радиация – радиация, поступающая к верхней границе атмосферы, а затем и на земную поверхность от Солнца в виде пучка параллельных (квазипараллельных) лучей.

Прямая солнечная радиация, поступающая на перпендикулярную поверхность к верхней границе атмосферы (S_0) – это солнечная постоянная. Зависит от солнечной активности. При среднем расстоянии от Земли до Солнца $149,5 \cdot 10^6$ км S_0 составляет $1400 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Прямая солнечная радиация, поступающая на поверхность Земли при перпендикулярном падении лучей – S , рассчитывается по формуле:

$$S = S_0 \cdot p^m,$$

где p – коэффициент прозрачности атмосферы, показывающий, какая доля радиации проходит через слой воздуха с массой в одну атмосферу;

m – число масс атмосферы, проходимая солнечными лучами.

Прямая солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, называется инсоляция – S' , которую определяют по формуле:

$$S' = S \cdot \sin h,$$

где S – прямая солнечная радиация приходящая на перпендикулярную поверхность, Вт/м²;

h – высота солнца над горизонтом в градусах.

Рассеянная радиация (D) – часть солнечного излучения, рассеянного атмосферой и поступающего от всего небосвода на горизонтальную поверхность.

Суммарная радиация (Q) – сумма прямой S' и рассеянной D радиации, приходящей на горизонтальную поверхность.

$$Q = S' + D$$

Отраженная коротковолновая радиация (R_k) – часть суммарной радиации, отраженной деятельной поверхностью.

Отношение отраженной коротковолновой радиации к поступающей на поверхность суммарной радиации называется альбедо (A). Альбедо измеряется в процентах:

$$A = (R_k / Q) \cdot 100$$

Разность между суммарной и отраженной радиацией составляет баланс коротковолновой радиации (B_k):

$$B_k = Q - R.$$

Тепловое излучение земли (E_3) – длинноволновая лучистая энергия направлена от земли вверх, в атмосферу.

Встречное тепловое излучение атмосферы (E_a) – часть теплового излучения, возникшего при поглощении прямой радиации, направленного к земле.

Разность между тепловым излучением земли (E_3) и встречным тепловым излучением атмосферы (E_a) называется эффективным излучением Земли:

$$E_{\text{эф}} = E_3 - E_a.$$

Радиационный баланс деятельной поверхности (B) – это разность между приходом и расходом излучений:

$$B = S' + D + E_a - R_k - E_3,$$

где S' , D , E_a – приходная часть,

R , E_3 – расходная часть.

Данное уравнение используется при расчете днем в ясную погоду.

При пасмурной погоде днем при отсутствии прямой радиации расчет ведется по формуле:

$$B = D + E_a - R_k - E_3.$$

Лучистая энергия солнца, затрачиваемая на образование органического вещества растений в диапазоне волн от 0,38 до 0,71 мкм, называется фотосинтетически активной радиацией или $Q_{\text{фар}}$.

$$Q_{\text{фар}} = 0,43 \cdot S' + 0,57 \cdot D, \quad \Sigma Q_{\text{фар}} = 0,43 \cdot \Sigma S' + 0,57 \cdot \Sigma D$$

Пример. Интенсивность прямой солнечной радиации $S = 1,1$ кал/см²·мин, интенсивность рассеянной радиации $D = 0,40$ кал/см²·мин. Сколько калорий отражает и сколько поглощает поверхность песчаной почвы? Если высота солнца над горизонтом составляет 45°.

Решение. Определяем интенсивность инсоляции, то есть количество тепла на 1 см² горизонтальной поверхности по формуле:

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

Из таблицы 1 приложений находим $\sin 45^\circ$ – около 0,71. Тогда $S' = 1,1 \cdot 0,71 = 0,78$ кал/см²·мин. Суммарная радиация составит $Q = 0,78 + 0,40 = 1,18$ кал/см²·мин.

Из формулы альбедо (А) определяем величину отраженной коротковолновой радиации (R). В таблице 2 приложения находим А для песчаной почвы – 35 %, тогда

$$R = A \cdot Q / 100 = 35 \cdot 1,18 / 100 = 0,41 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$$

Следовательно, песчаная почва отражает 0,41 кал/см²·мин, а поглощает $B_k = Q - R = 1,18 - 0,41 = 0,77$ кал/см²·мин.

Пример. Вычислите радиационный баланс (В) деятельной поверхности (поверхность почвы покрыта зелёной травой), на метеорологической площадке, если величина солнечной радиации горизонтальной поверхности $S'=1,1$ кал/см²·мин, рассеянной радиации $D=0,20$ кал/см²·мин, а эффективное излучение $E_{эф}=0,16$ кал/см²·мин.

Решение. Радиационный баланс вычисляем по формуле: $B=Q-R-E_{эф}$, при этом $Q=S'+D$. Отраженную радиацию $R=A \cdot Q/100$ определяем из формулы $A=R/Q \cdot 100$. Альбедо зеленой травы $A=26$ %, его находим в таблице 2 приложений. $R=26 \cdot 1,3/100=0,34$ кал/см²·мин. При этом радиационный баланс составит $B=1,3-0,16-0,34=0,8$ кал/см²·мин.

Пример. При высоте солнца 30° поток прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность $S=0,84$ кВт/м², а поток рассеянной $D=0,11$ кВт/м². Определите, какое количество тепла поглощается поверхностью сухой травы ($A=19\%$).

Решение. Основная формула: $B = Q - R$. Вначале определяем суммарную радиацию $Q=S'+D$, где S' – прямая солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, вычисляется по формуле: $S'=S \cdot \sin h=0,84 \cdot 0,5=0,42$

кВт/м². В итоге суммарная радиация $Q=0,42+0,11=0,53$ кВт/м².

Из формулы альбедо $A = R/Q \cdot 100$ определяем R , $R=A \cdot Q/100=19 \cdot 0,53/100=0,1$ кВт/м².

И наконец, рассчитываем количество поглощенного тепла – B : $B = 0,53-0,1=0,43$ кВт/м².

2.2. Задачи

2.2.1. Вычислить сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации $S=840$ Вт/м², рассеянной $D=140$ Вт/м², средняя высота солнца над горизонтом 32° ($\sin 32^\circ=0,53$).

2.2.2. Найти радиационный баланс травы, имеющей альбедо $A=20\%$, если прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность $S'=546$ Вт/м², рассеянная $D=140$ Вт/м², эффективное излучение $E_{\text{эф}}=105$ Вт/м².

2.2.3. Высота солнца 45° ($\sin 45^\circ=0,70$), инсоляция при перпендикулярном падении лучей $S'=1400$ Вт/м², рассеянная радиация составляет 20 % от S' , эффективное излучение $E_{\text{эф}}=57$ Вт/м². Определить радиационный баланс картофельного поля, если $A=20\%$.

2.2.4. При высоте солнца 30° поток прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность $S=0,84$ кВт/м², а поток рассеянной $D=0,11$ кВт/м². Определить какое количество тепла поглощается поверхностью сухой травы ($A=19\%$).

2.2.5. Чему равно альбедо, если величина прямой солнечной радиации, измеренная актинометром $S=200$ Вт/м², высота солнца над горизонтом 30° , рассеянная радиация $D=100$ Вт/м², отраженная радиация $R=50$ Вт/м²?

2.2.6. Определить отраженную радиацию (R) от поверхности пшеничного поля ($A=20\%$), если суммарная радиация $Q=960 \text{ Вт/м}^2$.

2.2.7. Каков радиационный баланс поверхности песчаной почвы ($A=35\%$), если интенсивность солнечной радиации – $S'=0,85 \text{ кал/(\text{см}^2\cdot\text{мин})}$, рассеянной радиации $D=0,20 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$, а величина эффективного излучения $E_{\text{эф}}=0,10 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$?

2.2.8. Коэффициент прозрачности атмосферы $p=0,80$, высота солнца над горизонтом 30° . Найти интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность – S' .

2.2.9. Интенсивность прямой солнечной радиации $S=1,1 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$, интенсивность рассеянной радиации $D=0,40 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$. Сколько калорий отражает и сколько поглощает поверхность песка? Наблюдения проводились при высоте солнца 45° . ($\sin 45^\circ=0,71$, $A_{\text{песка}}=35\%$)?

2.2.10. Вычислить радиационный баланс поверхности почвы, покрытой зелёной травой ($A=26\%$) на метеорологической площадке, если величина инсоляции горизонтальной поверхности $S'=1,1 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$, рассеянная радиация $D=0,20 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$, а эффективное излучение $E_{\text{эф}}=0,16 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$.

Раздел 3

Температура воздуха и почвы

3.1. Температура активная и эффективная.

Суммы температур. Амплитуда годовых колебаний. Вертикальный температурный градиент. Приведение температуры к уровню моря. Определение даты всходов зерновых культур. Примеры решения задач.

Температура является одним из главных факторов внешней среды, от которой зависит рост, развитие и географическое распределение растений по территории земного шара.

Для каждого растения характерны: определенный температурный предел (минимум, оптимум, максимум), а также сумма положительных среднесуточных температур.

При оценке температурного режима произрастания растений на определенной территории учитывают значения среднегодовой, среднемесячной, среднедекадной и среднесуточной температур.

Средняя суточная температура – среднее арифметическое из температур, измеряемых во все сроки наблюдений.

Средняя месячная температура – среднее арифметическое из средних суточных температур за все сутки месяца.

Средняя годовая температура дает лишь общее представление о количестве тепла.

Показателем континентальности климата является амплитуда годовых колебаний – это разность между среднемесячными температурами самого теплого и самого холодного месяцев. Чем больше амплитуда, тем континентальнее климат.

При расчете сумм положительных среднесуточных температур принимаются во внимание минимумы, оптимумы и

максимумы определенных групп растений (приложения таблица 4).

Среднесуточная температура воздуха (или почвы) выше минимума развития растений называется активной.

Среднесуточная температура воздуха (или почвы), уменьшенная на значение минимума называется эффективной.

Суммы активных температур рассчитываются по формулам:

$$\Sigma T_{\text{акт}}^5 = n \cdot T; \quad \Sigma T_{\text{акт}}^{10} = n \cdot T; \quad \Sigma T_{\text{акт}}^{15} = n \cdot T,$$

где $\Sigma T_{\text{акт}}^5$ – сумма активных температур выше 5°C ,

$\Sigma T_{\text{акт}}^{10}$ – сумма активных температур выше 10°C ,

$\Sigma T_{\text{акт}}^{15}$ – сумма активных температур выше 15°C ,

n – число дней со средней температурой за период,

T – средняя температура за период.

Суммы эффективных температур рассчитываются по формулам:

$$\Sigma T_{\text{эф}}^5 = n \cdot (T-5); \quad \Sigma T_{\text{эф}}^{10} = n \cdot (T-10); \quad \Sigma T_{\text{эф}}^{15} = n \cdot (T-15),$$

где $\Sigma T_{\text{эф}}^5$ – сумма эффективных температур выше 5°C

$\Sigma T_{\text{эф}}^{10}$ – сумма эффективных температур выше 10°C ,

$\Sigma T_{\text{эф}}^{15}$ – сумма эффективных температур выше 15°C ,

При решении задач на приведение температуры к уровню моря применяем формулу вертикального градиента температур (ВГТ):

$$\text{ВГТ} = (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) \cdot 100 / (z_{\text{в}} - z_{\text{н}}),$$

где $t_{\text{н}} - t_{\text{в}}$ – разность температур воздуха на нижнем и верхнем уровнях,

$z_{\text{в}} - z_{\text{н}}$ – разность высот, м.

Применяя формулу ВГТ, можно определить температуру воздуха на любом уровне или привести ее к уровню моря.

Для определения температуры на любом уровне используют формулу:

$$T_z = T_0 - \text{ВГТ} \cdot Z,$$

где T_z – температура на любом уровне,

T_0 – температура на нижнем уровне, $T_0 = T_z + \text{ВГТ} \cdot Z$,

Z – высота в метрах.

Зная температуру почвы и глубину заделки семян при условии обеспеченности влагой, можно рассчитать продолжительность периода от посева до всходов по формуле:

$$n = (70 + 10 \cdot l) / t$$

где, n – число дней от посева до всходов,

l – глубина заделки семян,

t – температура почвы.

Пример. Среднемесячная температура января $-15,4^{\circ}\text{C}$, среднемесячная температура июля $+17^{\circ}$. Определить амплитуду годовых колебаний.

Решение. $A_{\text{гк}} = 17^{\circ} - (-15,4^{\circ}) = 32,4^{\circ}$.

Пример. Определить активную и эффективную температуру за сутки для пшеницы, если среднесуточная температура воздуха 12° .

Решение. Так как биологический минимум пшеницы 5° , активная температура 12° , выше биологического минимума. Эффективную температуру определяем по разности среднесуточной температуры и биологического минимума:

$$T_{\text{эф}} = 12^{\circ} - 5^{\circ} = 7^{\circ}.$$

Пример. Определить сумму активных и эффективных температур для гречихи за июль, если среднемесячная температура воздуха 22° .

Решение. Сумму активных температур рассчитываем по формуле: $\Sigma T_{\text{акт}} = n \cdot T = 31 \cdot 22^{\circ} = 682^{\circ}$. Сумму эффективных вычисляем по формуле: $\Sigma T_{\text{эф}}^{10} = n \cdot (T_{\text{срм}} - 10^{\circ}) = 372^{\circ}$.

Пример. Посев овса проведен 29 апреля. Почва дерново-подзолистая песчаная, температура 6° . Определить дату появления всходов.

Решение. На песчаной почве глубина заделки семян $l=5\text{см}$. Подставив данные в формулу, определим число дней от посева до всходов: $n=(70+10\cdot l)/t=(70+10\cdot 5)/6=20$ дней.

Пример. На высоте 300 метров температура воздуха 18° , на высоте 800 метров 14° . Определить ВГТ.

Решение. Подставив значения в формулу, определяем ВГТ: $\text{ВГТ}=(t_{\text{н}}-t_{\text{в}})\cdot 100/(\dot{z}_{\text{в}}-\dot{z}_{\text{н}}) = (18-14)\cdot 100/(800-300) = 0,8^{\circ}\text{С}$.

Пример. На высоте 400 метров температура воздуха 15° , при вертикальном температурном градиенте $0,5^{\circ}\text{С}$ на 100м. Привести температуру к уровню моря.

Решение. Подставляем данные в формулу и делаем расчет T_0 (температура на уровне моря):

$$T_0=T_z-\text{ВГТ}\cdot Z=15^{\circ}-0,5/100\cdot 400=13^{\circ}\text{С}.$$

3.2. Задачи

3.2.1. На высоте 100 метров температура воздуха составила 20°С , а на высоте 700 метров она равна 17° . Определить вертикальный градиент температуры.

3.2.2. Определить сумму активных и эффективных температур воздуха для томатов в июле, если среднемесячная температура воздуха 20° .

3.2.3. На уровне моря температура воздуха 12° , вертикальный градиент температуры $0,6^{\circ}\text{С}$ на 100 м. Определите температуру на высоте 400 метров.

3.2.4. Среднесуточная температура воздуха 15°С . Определить активную и эффективную температуру за сутки для картофеля.

3.2.5. На уровне моря температура воздуха $12,5^{\circ}$. Определить температуру воздуха на высоте 600 метров, если вертикальный градиент температуры $0,5^{\circ}/100$ м.

3.2.6. На уровне моря температура воздуха $2,4^{\circ}\text{C}$, а на высоте 440 метров она равна $4,6^{\circ}\text{C}$. Определить вертикальный температурный градиент.

3.2.7. Определить сумму активных и эффективных температур для гречихи за июнь, если средняя температура первой декады июня 12° , второй 16° , третьей 17°C .

3.2.8. Посев пшеницы проведен 25 апреля. Почва дерново-подзолистая тяжелосуглинистая. Температура 5° . Определить дату появления всходов.

3.2.9. Температура воздуха у Земли $17,5^{\circ}$. Какова температура воздуха на высоте 600 метров, если среднее значение вертикального температурного градиента этого слоя равно $0,8^{\circ}/100$ м.?

3.2.10. На уровне моря температура воздуха $16,8^{\circ}$ (T_0), до 400 метров отмечается приземная инверсия при вертикальном температурном градиенте $0,7^{\circ}\text{C}/100$ м, а выше вертикальный температурный градиент $0,4^{\circ}/100$ м. Какова температура воздуха?

3.2.11. У земной поверхности температура воздуха $35,2^{\circ}$, а в психрометрической будке (на высоте 2 м) $33,2^{\circ}\text{C}$. Определить вертикальный температурный градиент в приземном слое атмосферы.

3.2.12. Определить сумму активных и эффективных температур воздуха для огурцов в июле, если средняя температура 1-й декады 22° , 2-й – 24° , 3-й – 26° .

3.2.13. На высоте 650 метров температура воздуха $24,5^{\circ}$ при вертикальном градиенте $0,6^{\circ}/100$ м. Привести температуру к уровню моря.

Раздел 4

Влажность воздуха

4.1. Основные показатели влажности воздуха.

Примеры решения задач

К основным показателям влажности воздуха относят: парциальное давление водяного пара, парциальное давление насыщенного водяного пара, относительную влажность, дефицит насыщения, точку росы.

Влажность воздуха оказывает влияние на развитие и жизнь растений. Высокая влажность обуславливает преобладание в растениях углеводов, а низкая – белков. При низкой влажности возникают засухи и суховеи.

Рассмотрим определения и основные формулы расчета показателей влажности воздуха.

Парциальное давление водяного пара – e (измеряется в гПа, мб) – это фактическое давление водяного пара в атмосферном воздухе.

Парциальное давление насыщенного водяного пара E (измеряется в гПа, мб) – это парциальное давление водяного пара, максимально возможное при данной температуре. Определяется в таблице давления насыщенного водяного пара (приложения, таблица 3).

Расчет величины парциального давления (e) производится по формуле:

$$e = E_1 - A \cdot (t - t_1) \cdot p ,$$

где E_1 – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре смоченного термометра (определяется в приложениях в таблице 3),

A – психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха возле резервуара смоченного термометра,

t и t_1 – показания сухого и смоченного термометров, $^{\circ}\text{C}$,

p – атмосферное давление, гПа.

Абсолютная влажность воздуха (a) – это масса водяного пара в единице объёма воздуха, г/м³. Вычисляется как

$$a = 0,8 \cdot e / (1 + \alpha \cdot t) ,$$

где α – температурный коэффициент расширения воздуха, равный 0,00366,

– t – температура воздуха.

Относительная влажность (f) – характеризует степень насыщения воздуха водяным паром при данной температуре, измеряют ее в процентах и рассчитывают по формуле:

$$f = e \cdot 100 / E ,$$

где e – парциальное давление водяного пара, гПа,

E – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра (определяется в приложениях в таблице 3).

Дефицит влажности (d) – разность между давлением насыщенного водяного пара при данной температуре и фактическим парциальным давлением, гПа:

$$d = E - e .$$

Точка росы (t_p) – температура, $^{\circ}\text{C}$, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе при данном давлении, достигает состояния насыщения. При относительной влажности $f=100\%$ фактическая температура воздуха совпадает с точкой росы, при этом дефицит влажности $d=0$.

В круговороте воды на земном шаре важным является испарение влаги. Для практических целей испарение измеря-

ется в миллиметрах. Расчет испарения с поверхности суши (W_M) за месяц вычисляют по формуле:

$$W_M = 13,9 \cdot d ,$$

где d – среднемесячный дефицит влажности в миллиметрах,

$$d = (E - e) \cdot 0,75 ,$$

где E – парциальное давление насыщенного водяного пара (гПа, мб),

e – парциальное давление водяного пара (гПа, мб).

Испарение с водной поверхности за месяц (E_M) вычисляется по формуле:

$$E_M = d \cdot (15 + 3V) ,$$

где V – скорость ветра, м/с.

Пример. Температура в психрометрической будке по сухому термометру $t=20^0$, а по смоченному $t_1=17,5^0$, давление воздуха $p=1000$ гПа, психрометрический коэффициент $A=0,0008$. Определить парциальное давление (e), относительную влажность (f), дефицит влажности (d) и точку росы (t_p).

Решение. Для расчета парциального давления используем психрометрическую формулу – $e = E_1 - A \cdot (t - t_1) \cdot p$. В приложениях в таблице 3 определяем E_1 – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре влажного термометра $t_1=17,5^0$ ($E_1=20,0$ гПа). Получаем $e=20,0-0,0008 \cdot (20-17,5) \cdot 1000=18,0$ гПа. Для определения относительной влажности в приложениях в таблице 3 находим парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра $t=20^0$ ($E=23,4$ гПа), тогда получим $f=e \cdot 100/E=18,0 \cdot 100/23,4=77\%$, $d=E-e=23,4-18,0=5,4$ гПа.

В приложениях таблицы 3 для $e=18,0$ гПа определяем температуру точки росы на пересечении целых (18) и десятых (0) $t_p=15,8^0$.

Пример. Определить относительную влажность воздуха при температуре $18,3^{\circ}$ и парциальном давлении водяного пара $e=10,5$ гПа.

Решение. В таблице 3 находим парциальное давление насыщенного водяного пара E для температуры $18,3^{\circ}\text{C}$, $E=21$ гПа. После чего определяем относительную влажность $f=e \cdot 100/E=10,5 \cdot 100/21=50$ %.

Пример. Т воздуха 10° , относительная влажность $f=60$ %. Определить парциальное давление (e) и абсолютную влажность (a).

Решение. Вначале определяем парциальное давление (e) из формулы относительной влажности (f) – $e=f \cdot E/100$. В приложении таблицы 3 находим давление насыщенного пара для температуры 10° – $E=12,3$ гПа, а затем $e=60 \cdot 12,3/100=7,4$ гПа. После вычисляем абсолютную влажность: $a=0,8 \cdot e/(1+\alpha \cdot t) = 0,8 \cdot 7,4/(1+0,00366 \cdot 10) = 5,7$ г/м³.

4.2. Задачи

4.2.1. Температура сухого термометра $t=10^{\circ}$, а влажного $t_1=5^{\circ}$, давление воздуха $p=1000$ гПа, психрометрический коэффициент $A=0,0008$. Определить парциальное давление, абсолютную и относительную влажность, дефицит и точку росы.

4.2.2. Температура воздуха 20° , относительная влажность 60%. Вычислить парциальное давление, абсолютную влажность, дефицит, точку росы.

4.2.3. Определить относительную влажность при температуре $18,3^{\circ}$ и парциальном давлении водяного пара 10,5 гПа.

4.2.4. Определить абсолютную влажность, если температура воздуха 15° , а относительная влажность 70 %.

4.2.5. По волосному гигрометру относительная влажность воздуха 60 %, температура воздуха $21,8^{\circ}$. Определить парциальное давление водяного пара, дефицит влажности и точку росы.

4.2.6. В стационарном психрометре температура по сухому термометру $18,5^{\circ}$, а смоченный показывает $15,5^{\circ}$. Атмосферное давление $p=1000$ гПа, аспирационный коэффициент $A=0,0008$. Определить парциальное давление, относительную влажность воздуха, дефицит и точку росы.

4.2.7. Температура воздуха 15° , относительная влажность 50%. Определить месячную величину испарения с поверхности почвы.

4.2.8. Определить дефицит насыщения водяного пара (d) при температуре воздуха $12,5^{\circ}$ и парциальном давлении $e=10,4$ гПа.

4.2.9. T воздуха 10° , относительная влажность 60 %. Определить месячную величину испарения (W_m) поверхности почвы.

4.2.10. Определить испаряемость с водной поверхности за месяц (E_m), если среднемесячная температура над водой 10° , относительная влажность воздуха 60 %, скорость ветра 5 м/с.

4.2.11. Температура воздуха 16° , относительная влажность 60%. Определить парциальное давление водяного пара, абсолютную влажность, дефицит.

4.2.12. Температура воздуха по сухому термометру 10° , по смоченному 4° , атмосферное давление $p=1000$ гПа, психрометрический коэффициент $A=0,0008$. Определить парциальное давление водяного пара, абсолютную и относительную влажность, дефицит и точку росы.

Раздел 5

Осадки

5.1. Основные показатели осадков. Определение запасов воды в снеге перед снеготаянием. Примеры решения задач.

К основным показателям осадков принято относить: количество, интенсивность, продолжительность выпадения.

Осадки пополняют запасы почвенной влаги, в холодный период образуют снежный покров.

Количество выпавших осадков выражается высотой слоя воды (в миллиметрах), образовавшегося в результате выпадения их на горизонтальную поверхность при отсутствии просачивания, испарения и стока. При расчете норм полива в сельском хозяйстве используют м³/га. Если на горизонтальную поверхность выпал слой воды 1 мм, то это значит, что на площадь 1 га выпало $0,001 \cdot 10000 = 10 \text{ м}^3$ воды.

Интенсивностью осадков называют количество осадков в миллиметрах, выпадающих за 1 минуту. Определяется по формуле:

$$i = h / t ,$$

где i – интенсивность осадков, мм/мин,

h – слой осадков в миллиметрах,

t – время выпадения осадков в минутах.

Основными показателями снежного покрова являются высота ($h_{\text{сн}}$) в см и плотность (d) г/см³, которые используются для расчета запаса воды в снеге перед снеготаянием ($W_{\text{м}}$).

$$H = h_{\text{сн}} \cdot d \cdot 10 ,$$

где H – высота слоя воды в мм,

$h_{\text{сн}}$ – высота снега в см,

d – плотность снега, г/см³

Пересчёт запаса из мм в м³/га проводят по формуле:

$$W_m = H \cdot 10.$$

Пример. В течение 5 минут на поверхность земли выпало 2 мм осадков. Вычислить интенсивность осадков, а также количество воды, приходящейся на площадь в 1 га.

Решение. Определяем интенсивность осадков $i=h/t=2/5=0,4$ мм/мин. Для расчета количества воды в м³/га считаем, что если на горизонтальную поверхность выпал слой воды в 1 мм, то это значит, что на площадь в 1 га выпало $0,001 \cdot 10000=10$ м³. Но по условию задачи на поверхность земли выпало всего 2 мм осадков, следовательно: $W=2 \cdot 10=20$ м³/га.

Пример. Средняя величина плотности снежного покрова, определенная весовым снегомером, равна 0,25 г/см³. Определить высоту слоя воды в мм, а также количество воды в м³/га, образующейся на полях от таяния снега.

Решение. Определяем высоту слоя воды в мм, образующейся после таяния снега: $H=h_{\text{сн}} \cdot d \cdot 10=32 \cdot 0,25 \cdot 10=80$ мм. Объём воды в м³ на 1 га вычисляем по формуле: $W=H \cdot 10=80 \cdot 10=800$ м³/га, т.е. на один гектар поверхности поля придется 800 кубометров воды, образовавшейся после таяния снега.

5.2. Задачи

5.2.1. При сильном ливне выпало 18 мм осадков за 10 минут. Какова интенсивность ливня? Сколько воды выпало на 1 га каждую минуту?

5.2.2. При выпадении обложного дождя в течение 6 часов в осадкомере оказалось 5 мм осадков. Какова интенсивность дождя.

5.2.3. Масса пробы снега 180 г, а ее объём 1200 см³. Сколько кубических метров воды приходится на 1 гектар, если средняя высота снежного покрова 40 см.

5.2.4. Температура воздуха 15⁰, относительная влажность 70 %. Определить испарение с поверхности почвы за месяц.

5.2.5. Масса пробы снега 160 г, а её объём 1100 см³. Сколько кубических метров воды приходится на 1 га, если средняя высота снежного покрова 50 см.

5.2.6. Высота снежного покрова 40 см, плотность 0,3 г/см³. Вычислить запасы воды в снеге перед снеготаянием.

5.2.7. Средняя величина плотности снега $d=0,15$ г/см³, высота снега 30 см. Определить количество воды м³/га, которое образуется на полях.

5.2.8. При выпадении обложного дождя в течение 5 часов в осадкомере оказалось 7,2 мм воды. Какова интенсивность дождя, сколько м³ воды поступило за это время на 1 га посевов.

5.2.9. Объём взятой пробы снега составляет 1800 см³, а масса воды в этой пробе 500 г. Определить плотность снега.

5.2.10. Определить запас воды в снежном покрове, если высота его 40 см, а плотность 0,2 г/см³.

Раздел 6

Заморозки

6.1. Основные методы расчета заморозков.

Примеры решения задач

Для успешной борьбы с заморозками необходимо предсказать время наступления и интенсивность.

Адвективные заморозки прогнозируются с учетом движения воздушных масс на основании анализа синоптических карт. На небольших участках при разнообразии микроклиматических условий прогноз ожидаемой минимальной температуры воздуха и почвы производится методом Михалевского.

В 13 часов измеряют температуру и относительную влажность воздуха с помощью аспирационного психрометра МВ-4, а затем вычисляют ожидаемые минимальные температуры воздуха и поверхности почвы по формулам:

$$M_{\text{в}} = t_1 - (t - t_1) \cdot C; \quad M_{\text{п}} = t_1 - (t - t_1) \cdot 2C,$$

где $M_{\text{в}}$ и $M_{\text{п}}$ – ожидаемая минимальная температура воздуха и поверхности почвы,

t и t_1 – температура сухого и смоченного термометра,

C – коэффициент, зависящий от относительной влажности (определяем по таблице 5 приложений).

К полученным дневным расчетам вводятся поправки по наблюдениям за облачностью в 21 час. Если облачность меньше 4 баллов, то полученный минимум температуры воздуха и почвы уменьшают на 2°C ; если облачность 4...7 баллов, то в рассчитанный минимум поправки не вводят; если облачность больше 7 баллов, то ожидаемый минимум температуры увеличивается на 2°C .

Вероятность заморозка оценивается в зависимости от минимальной температуры, полученной после уточнения в 21 час.

Если минимальная температура меньше -2°C заморозок отмечается, от -2 до $+2^{\circ}\text{C}$ – заморозок вероятен, больше $+2^{\circ}\text{C}$ – заморозок маловероятен.

6.2. Задачи

6.2.1. В 13 часов температура сухого термометра $6,0^{\circ}$, смоченного $2,0^{\circ}$, относительная влажность 50 %, облачность в 21 час 2 балла. Определить ожидаемую минимальную температуру воздуха.

6.2.2. Рассчитать минимальную температуру воздуха и почвы по следующим данным: температура в 13 часов по сухому термометру $8,6^{\circ}$, по смоченному термометру $4,4^{\circ}$, относительная влажность 45 %, облачность в 21 час 2 балла.

6.2.3. Определите ожидаемую минимальную температуру воздуха и почвы, если в 13 часов температура по сухому термометру $4,7^{\circ}$, по смоченному $2,7^{\circ}$, относительная влажность 80 %, облачность в 21 час 4 балла.

6.2.4. Определите ожидаемую минимальную температуру воздуха и почвы, если в 13 часов температура по сухому термометру $7,8^{\circ}$, по смоченному $5,8^{\circ}$. относительная влажность 85 %, облачность в 21 час 10 баллов.

6.2.5. В 13 часов температура сухого термометра $8,0^{\circ}$, смоченного $4,0^{\circ}$, относительная влажность 55 %, облачность в 21 час 8 баллов. Определить ожидаемую минимальную температуру воздуха и почвы.

6.2.6. Вычислить минимальную температуру воздуха и почвы по следующим данным: температура воздуха по сухому термометру $8,5^{\circ}$, по смоченному термометру $6,5^{\circ}$, относительная влажность 70 %, облачность 6 баллов.

6.2.7. В 13 часов температура воздуха по сухому термометру $7,1^{\circ}$, по смоченному $3,1^{\circ}$. Относительная влажность 40 %, облачность в 21 час 2 балла. Определить ожидаемую минимальную температуру воздуха и почвы.

6.2.8. Вычислить ожидаемую минимальную температуру воздуха и почвы, если в 13 часов температура сухого термометра $7,5^{\circ}$, смоченного $3,5^{\circ}$, относительная влажность 60 %, облачность в 21 час 3 балла.

6.2.9. В 13 часов температура воздуха по сухому термометру $5,0^{\circ}$, по смоченному $2,0^{\circ}$, относительная влажность 45 %, облачность 2 балла. Определить ожидаемую минимальную температуру воздуха и почвы.

6.2.10. Вычислить минимальную температуру воздуха и почвы по следующим данным: температура воздуха в 13 часов по сухому термометру $4,5^{\circ}$, по смоченному $2,5^{\circ}$, относительная влажность 75 %, в 21 час облачность 8 баллов.

Раздел 7

Засухи

7.1. Критерии засух. Формулы расчета.

Примеры для решения задач.

Для оценки интенсивности засух, при разработке мер борьбы с ними наиболее часто применяют агрометеорологические критерии – содержание продуктивной влаги в почве, коэффициенты увлажнения.

Уменьшение запасов продуктивной влаги в пахотном горизонте почвы менее 20 мм предвещает начало засухи, менее 10 мм – вызывает сильную засуху.

Коэффициенты увлажнения, представляющие собой отношение осадков к испарению, показывают степень засушливости. Наиболее часто для определения вероятности засух используют гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), рассчитываемый по формуле:

$$\text{ГТК} = m / 0,1 \cdot \Sigma T^{10},$$

где m – сумма осадков за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10^0 , мм,

ΣT^{10} – сумма среднесуточных температур выше 10^0 .

Расчет коэффициента производится при среднесуточных температурах выше 10^0 .

Если ГТК больше 1 – засухи нет, 0,8-0,6 – слабая засуха, 0,6-0,5 – средняя, 0,5-0,4 – сильная, меньше 0,4 – очень сильная засуха.

Однако ГТК не всегда может быть критерием, так как не учитывает запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Для определения начала засухи с учетом запаса продуктивной влаги используется коэффициент засушливости Н.В. Бова, который вычисляется по формуле:

$$K = 10 \cdot (W_{\text{пр}} + m) / \Sigma t,$$

где $W_{\text{пр}}$ – запасы продуктивной влаги в слое почвы от 0-100 см весной, мм,

m – количество осадков в миллиметрах с весны до момента расчета (до наступления засухи),

Σt – сумма температур от даты перехода температуры воздуха через 0° весной до наступления засухи, $^{\circ}\text{C}$.

Началом засухи принято считать, если K составляет 1,5 мм и меньше – начало повреждения засухой растений яровой пшеницы.

Пример. Определить ГТК и вероятность засухи за июль, если осадков выпало 30 мм, средняя температура воздуха первой декады июля 22° , второй декады 24° , третьей 26° .

Решение. Вначале определяем среднемесячную температуру июля, а затем вычисляем сумму среднесуточных температур выше 10° (ΣT^{10}) и ГТК. $\Sigma T^{10} = n \cdot t_{\text{срм}} = 31 \cdot 24 = 744^{\circ}$,

где n – число дней месяца,

$t_{\text{срм}}$ – среднемесячная температура воздуха.

$\text{ГТК} = m / 0,1 \cdot \Sigma T^{10} = 30 / 0,1 \cdot 744 = 0,4$. Отмечается сильная засуха.

Пример. На метеостанции 10 июня получены следующие показатели: запасы продуктивной влаги ($W_{\text{пр}}$) в метровом слое почвы весной 120 мм, количество осадков с начала весны до 10 июня $m=50$ мм. Сумма положительных температур воздуха – $\Sigma t=820^{\circ}$. Определить коэффициент засушливости – K и вероятность наступления засухи.

Решение. Вносим данные в формулу коэффициента засушливости и делаем расчет:

$K = 10 \cdot (W_{\text{пр}} + m) / \Sigma t = 10 \cdot (120 + 50) / 820 = 2,1$. Засухи не будет, так как K больше 1,5.

7.2. Задачи

7.2.1. Определить ГТК и вероятность наступления засухи за август, если средняя температура воздуха первой декады 20° , второй 19° , третьей 18° . Месячное количество осадков 62 мм.

7.2.2. На метеостанции 15 июня получены следующие показатели: запасы продуктивной влаги ($W_{пр}$) в метровом слое почвы весной 150 мм, количество осадков с начала весны до 15 июня $m=70$ мм, сумма положительных температур 960^0 .

7.2.3. Определить ГТК и вероятность наступления засухи за июль, если осадков выпало 50 мм. Среднемесячная температура воздуха 24^0 .

7.2.4. На агрометеостанции 20 июня запасы продуктивной влаги ($W_{пр}$) в метровом слое почвы 136 мм. Количество осадков с весны до 20 июня составило 90 мм. Определить показатель засушливости K , если к этому сроку была накоплена сумма положительных температур воздуха 900^0 .

7.2.5. Определить ГТК и вероятность наступления засухи за июль месяц, если осадков выпало 60 мм, среднемесячная температура воздуха 18^0 .

7.2.6. В пахотном горизонте почвы (0-20см) запасы продуктивной влаги ($W_{пр}$) составляют 15 мм. Определить вероятность засухи.

7.2.7. Определить ГТК и вероятность наступления засухи в мае месяце, если температура воздуха в первой декаде $13,8^0$, во второй $14,6^0$, в третьей $17,4^0$. Месячное количество осадков 36 мм.

7.2.8. На агрометеостанции 20 мая запасы продуктивной влаги ($W_{пр}$) в метровом слое почвы весной составили 140 мм. Количество осадков с весны составило 100 мм. Определить показатель засушливости (K), если к этому сроку была накоплена сумма положительных температур воздуха 1000^0C .

7.2.9. В пахотном горизонте почвы (0-20см) запасы продуктивной влаги 25 мм. Определить вероятность засухи.

7.2.10. Определить вероятность засухи по ГТК в августе, если среднемесячная температура воздуха 18^0 . Месячное количество осадков 60 мм.

Раздел 8

Фенологический прогноз

8.1. Прогноз ожидаемой даты восковой спелости зерновых культур. Формулы расчета. Пример решения задачи

Прогноз ожидаемой даты восковой спелости (Д), разработанный А.А. ШигOLEвым, позволяет определить сроки созревания зерновых культур. В его основе положена зависимость скорости развития растений от температуры. С повышением температуры воздуха (до определенного предела) темпы развития ускоряются, а продолжительность межфазных периодов уменьшается. Прогноз сводится к определению периода, в течение которого накопится сумма эффективных температур, необходимых определенному виду и сорту растений для вступления в очередную фазу своего развития. Для расчета ожидаемой даты наступления той или иной фазы применяется уравнение:

$$Д = Д_1 + А / (t_{\text{ср}} - t_{\text{биол.мин.}}),$$

где Д – ожидаемая дата наступления фазы;

Д₁ – дата наступления предшествующей фазы;

А – сумма эффективных температур воздуха выше 5⁰, необходимая для данного межфазного периода (приложения, таблица б);

t_{ср} – средняя ожидаемая суточная температура воздух за прогнозируемый (межфазный) период, ⁰С, определяется путем деления общей суммы (ΣТ_{ср. сут. темп}) на число дней периода;

t_{биол. мин.} – биологический минимум температуры развития растения в данной фазе, ⁰С (для многих культур умеренного климата он равен 5⁰С).

Пример. Определить ожидаемую дату восковой спелости яровой пшеницы, если: фактическая дата наступления фазы колошения (D_1) 12.06, средняя многолетняя дата наступления восковой спелости (D_{cp}) 22.07 (из данных агроклиматического справочника), $A=490^0C$, средняя месячная температура (по данным климатического справочника) в июне 16^0 , в первой декаде июля 17^0 , во второй декаде 18^0 , в третьей 20^0 .

Решение. Вначале вычисляем среднюю температуру (t_{cp}) за предполагаемый период от фактической даты колошения D_1 до D_{cp} . В нашем примере он составляет 40 дней (с 12.06 по 22.07). Далее вычисляем суммы температур по месяцам и декадам указанного периода:

$$\Sigma T_{cp, \text{суточ. темп.}} \text{ с 12.06 по 30.06 равна } 16^0 \cdot 18 \text{ дней} = 288^0$$

$$\Sigma T_{cp, \text{суточ. темп.}} \text{ с 1.07 по 10.07 равна } 17^0 \cdot 10 \text{ дней} = 170^0$$

$$\Sigma T_{cp, \text{суточ. темп.}} \text{ с 11.07 по 20.07 равна } 18^0 \cdot 10 \text{ дней} = 180^0 .$$

За третью декаду $\Sigma T_{cp, \text{суточ. темп.}}$ рассчитывается только за 2 дня третьей декады, поскольку средняя дата восковой спелости $D_{cp}=22.07$: $\Sigma T_{cp, \text{суточн. темп}}$ с 20.07 по 22.07 равна $20^0 \cdot 2$ дня $=40^0$.

Таким образом, общая сумма средних температур ($\Sigma T_{cp, \text{суточ.}}$) за весь предполагаемый межфазный период от D_1 до D_{cp} (за 40 дней) будет равна: $\Sigma T_{cp, \text{суточ}} = 288^0 + 170^0 + 180 + 40^0 = 678^0$. Средняя температура (t) за 40 дней будет равна $678^0/40=16,9^0$.

Зная ожидаемую температуру за предполагаемый межфазный период и фактическую дату колошения (D_1), рассчитываем фактическую дату восковой спелости (D).

$$D = 12.06 + 490 / (16,9-5) = 12.06 + 41 \text{ день} = 23 \text{ июля.}$$

8.2. Задачи

8.2.1. Определить ожидаемую дату восковой спелости озимой ржи, если $D_1=2.06$, $D_{cp}=15.07$, $A=540^0$, среднемесячная температура июня 18^0 , средняя температура первой декады июля $18,5^0$, второй декады 19^0 .

8.2.2. Определить ожидаемую дату восковой спелости озимой ржи, если $D_1=5.06$, $D_{cp}=19.07$, $A=540^0$, среднемесячная температура июня $16,0^0$, средняя температура первой декады июля $17,0^0$, средняя температура второй декады $17,5^0$.

8.2.3. Определить ожидаемую дату восковой спелости озимой ржи, если $D_1=6.06$, $D_{cp}=20.07$, $A=540^0$, среднемесячная температура июня 16^0 , средняя температура первой декады июля $17,0^0$, средняя температура второй декады июля 19^0 .

8.2.4. Определить ожидаемую дату восковой спелости пшеницы если: $D_1=12.06$, $D_{cp}=22.07$, $A=490^0$, среднемесячная температура июня $16,0^0$, средняя температура первой декады июля $17,0^0$, второй декады $18,0^0$, третьей декады $20,0^0$.

8.2.5. Определить ожидаемую дату восковой спелости озимой ржи, если $D_1=3.06$, $D_{cp}=19.07$, $A=540^0$, среднемесячная температура июня $16,0^0$, средняя температура первой декады июля $17,0^0$, средняя температура второй 19^0 .

8.2.6. Определить ожидаемую дату восковой спелости озимой ржи, если $D_1=1.06$, $D_{cp}=16.07$, $A=540^0$, среднемесячная температура июня 17^0 , средняя температура первой декады июля $18,0^0$, второй декады $19,0^0$.

8.2.7. Определить ожидаемую дату восковой спелости яровой пшеницы, если $D_1=12.06$, $D_{cp}=23.07$, $A=490^0$, среднемесячная температура июня $17,0^0$, средняя температура первой декады июля $18,0^0$, средняя температура второй декады июля $18,0^0$, третьей декады июля $19,0^0$.

8.2.8. Определить ожидаемую дату восковой спелости яровой пшеницы, если $D_1=13.06$, $D_{cp}=24.07$, $A=490^0$, сред-

немесячная температура июня $17,0^0$, средняя температура первой декады июля $18,0^0$, средняя температура второй декады июля $18,5^0$, средняя температура третьей декады июля $19,5^0$.

8.2.9. Определить ожидаемую дату восковой спелости озимой ржи, если $D_1=3.06$, $D_{cp}=18.07$, $A=540^0$, среднемесячная температура июня $16,0^0$, средняя температура первой декады июля $17,0^0$, второй декады $18,6^0$.

8.2.10. Определить ожидаемую дату восковой спелости яровой пшеницы, если $D_1=14.06$, $D_{cp}=23.07$, $A=490^0$, среднемесячная температура июня $17,0^0$, средняя температура первой декады июля $18,0^0$, средняя температура второй декады июля $18,5^0$, средняя температура третьей декады июля $19,0^0$.

Раздел 9

Тестовые задания по основным разделам агрометеорологии

9.1. Тестовые задания по разделам: введение, земная атмосфера, лучистая энергия, тепловой режим почвы и воздуха

1 вариант

1. Какой термометр измеряет минимальную температуру воздуха?
 - а) ТМ-1;
 - б) ТМ-2;
 - в) ТМ-3;
 - г) ТМ-4;
 - д) ТМ-5;
 - е) ТМ-6;
 - ж) ТМ-7.
2. Укажите главную особенность в устройстве максимального термометра:
 - а) наличие подвижного штифта в капиллярной трубке;
 - б) использование ртути в резервуаре;
 - в) сужение капиллярной трубки;
 - г) расширение капиллярной трубки.
3. Для измерения температуры почвы на глубине более 40 см применяются:
 - а) АМ-6;
 - б) ТМ-2;
 - в) ТМ-3;
 - г) ТМ-5;
 - д) ТМ-10
4. Термощуп АМ-6 состоит из:
 - а) цилиндрического резервуара;
 - б) резервуара в форме шара;
 - в) резервуара, изогнутого под углом 135° ;
 - г) стеклянного корпуса.
5. Вещества, обладающие термометрическими свойствами:
 - а) ртуть,
 - б) толуол,
 - в) эфир,
 - г) глицерин.

6. Оптимальная температура воздуха при хранении картофеля:
ля:

а) 0° , б) $1...5^{\circ}$, в) $6...7^{\circ}$, г) $10...12^{\circ}$.

7. Формула объёмной теплоёмкости:

а) $K=A/\gamma$, б) $C=cxd$, в) $d=P/v$, г) $C=v/d$.

8. Кто изобрёл шар-радиозонд?

а) А.И. Воейков; б) П.И. Броунов;
в) Ю.И. Чирков; г) П.А. Молчанов.

9. Высота верхней границы мезосферы:

а) 7-8 км, б) 50-55 км, в) 80-95 км, г) 100-110 км.

10. Формула инсоляции:

а) $S = S^0 \cdot p^m$, б) $S^1 = S \cdot \sinh$, в) $Q = S^1 + Д$.

2 вариант

1. При какой температуре воздуха погибают всходы моркови? а) $-2...-3^{\circ}$, б) $-5...-6^{\circ}$, в) $-8...-9^{\circ}$, г) $0...-2^{\circ}$.

2. Укажите формулу расчёта сумм эффективных среднесуточных температур воздуха за месяц для картофеля, учитывая его биологический минимум:

а) $\Sigma T_{эф} = n \cdot (T_{ср.м.} - 5)$;
б) $\Sigma T_{эф} = n \cdot (T_{ср.м.} - 10)$;
в) $\Sigma T_{эф} = n \cdot (T_{ср.м.} - 15)$.

3. Оптимальная освещённость при выращивании огурцов в теплице:

а) 3000-4000 лк; б) 7000-8000 лк;
в) 9000-10000 лк; г) 18000-20000 лк.

4. Процесс воздействия на растения пониженными положительными температурами:

а) фототропизм; б) фотопериодизм;
в) яровизация; в) фотопериодическое последствие

5. Организатор первой сети агрометеостанций в России:

а) М.В. Ломоносов, б) А.Р. Клоссовский,

в) А.И. Воейков, г) П.И. Броунов.

6. Формула барической ступени:

а) $H = 16000 \times (1 + a \cdot T_{cp}) \cdot (p - p_1) / (p + p_1)$;

б) $h = 8000 \times (1 + a \cdot T) / p$;

в) $Q = S_1 + Д$;

г) $P_M = P_{ст} + \Delta P$.

7. Назовите лимитирующий фактор в нечерноземной зоне:

а) свет, б) влага, в) тепло, г) воздух.

8. Высота верхней границы стратосферы:

а) 20-30 км, б) 10-20 км, в) 50-55 км, г) 80- 85 км.

9. Главный климатообразующий фактор:

а) циркуляция атмосферы; б) океанические и морские течения; в) солнечная радиация; г) антропогенный.

10. Прибор для непрерывной регистрации атмосферного давления воздуха:

а) барометр, б) термограф, в) гигрограф, г) барограф.

3 вариант

1. Ученый, разработавший методику параллельных или сопряженных наблюдений:

а) А.И. Воейков; б) И.Н. Комов;

в) П.И. Броунов; г) А.Т. Болотов.

2. Содержание кислорода в сухом атмосферном воздухе:

а) 39,4 %, б) 20,94 %, в) 18,5 %, г) 78,08 %.

3. Какие из лучей солнечного спектра убивают бактерии, живые организмы?

а) 0,76 мкм, б) 0,82 мкм, в) 0,31 мкм, г) 0,90 мкм.

4. Процесс воздействия на растение пониженными температурами:

а) фотопериодизм, б) яровизация, в) фототропизмы.

5. Среднесуточная температура, уменьшенная на величину биологического минимума, это –

- а) активная, б) балластная, в) критическая, г) эффективная.
6. Актинометр АТ-50 предназначен для измерения радиации:
а) суммарной, б) рассеянной, в) отраженной, г) прямой.
7. Что надо сделать при установке минимального термометра?
а) встряхнуть резервуаром книзу;
б) повернуть резервуаром вниз;
в) повернуть резервуаром вверх, чтобы штифт дошел до пленки.
8. Укажите формулу прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность:
а) $B = Q - R$, б) $S^1 = S \times \sin h$, в) $S = S^0 \times p^m$, г) $Q = S^1 + Д$.
9. Температура почвы, при которой целесообразно проводить посев гречихи:
а) 3...4⁰; б) 5...6⁰; в) 8...9⁰; г) 10...12⁰.
10. В каком слое атмосферы находится основная масса озона:
а) тропосфера, б) мезосфера, в) стратосфера, г) термосфера.

4 вариант

1. Основатель отечественной и мировой агрометеорологии:
а) М.В. Ломоносов; б) П.И. Броунов;
в) А.И. Воейков; г) Ю.И. Чирков.
2. При какой температуре почвы целесообразно проводить посев яровой пшеницы:
а) 1...2⁰, б) 7...8⁰, в) 4...5⁰, г) 10...12⁰.
3. В каком году была организована Главная Геофизическая Обсерватория в Петербурге?
а) 1885, б) 1892, в) 1849, г) 1912, д) 1918.
4. Формула радиационного баланса:
а) $B=Q-R$; б) $S^1=Q-Д$; в) $R=A \times Q/100$; г) $B=Q-R-E$.

5. Вследствие чего происходит ионизация воздуха в верхних слоях атмосферы?

- а) светового излучения солнца;
- б) земного магнетизма;
- в) ультрафиолетовой и корпускулярной радиации солнца;
- г) длинноволнового излучения солнца.

6. Принцип работы люксметра:

- а) явление термостойки;
- б) явление фотоэффекта;
- в) магнитной индукции.

7. Посев пшеницы проведен 30 апреля при глубине посева 4 см. Температура тяжелосуглинистой почвы составляет 5° . Определить дату появления всходов.

- а) 15 мая б) 25 мая в) 10 мая г) 20 мая

8. Температура повреждения всходов моркови, свёклы:

- а) $0 \dots 0,5^{\circ}$; б) $-2 \dots -3^{\circ}$; в) $-4 \dots -5^{\circ}$; г) $-6 \dots -7^{\circ}$.

9. Каким прибором можно измерить радиационный баланс?

- а) актинометром АТ-50, б) пиранометром ПЗхЗ,
- в) балансометром М-10 м, г) альбедометром АП 3х3.

10. Оптимальная температура воздуха при хранении корнеплодов: а) $0 \dots -1^{\circ}$; б) $0 \dots 2^{\circ}$; в) $4 \dots 5^{\circ}$; г) $6 \dots 7^{\circ}$.

5 вариант

1. Температура повреждения всходов картофеля:

- а) $0 \dots -1^{\circ}$ б) $-2 \dots -3^{\circ}$ в) $-5 \dots -6^{\circ}$ г) $-9 \dots -10^{\circ}$

2. Прибор для измерения суммарной и рассеянной радиации:

- а) актинометр АТ-50; б) люксметр;
- в) пиранометр; г) гелиограф.

3. На метеостанции А, расположенной 200 метров над уровнем моря, давление воздуха 1000 гПа, температура 10° . Коэффициент $a=0,00366$. Определить давление на уровне моря.

4. Формула расчета суммы эффективных температур для огурцов за месяц:

- а) $\Sigma T_{эф} = n \times (T_{ср.м.} - 5)$, б) $\Sigma T_{эф} = n \times (T_{ср.м.} - 10)$,
в) $\Sigma T_{эф} = n \times (T_{ср.м.} - 15)$, г) $\Sigma T_{эф} = n \times (T_{ср.м.} - 20)$.

5. Биологический минимум развития картофеля, сахарной свёклы: а) 5, б) 10, в) 15, г) 20.

6. Укажите аэрозольную смесь разрушающую озон атмосферы:
а) неон б) криптон в) углекислый газ г) фреон д) водяной пар.

7. Верхняя граница мезосферы находится на высоте:

- а) 15-18 км, б) 50-55 км, в) 110-120 км, г) 80-85 км.

8. Посев пшеницы проведен 2 мая, почва дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, глубина заделки семян 3 см, температура 4° . Определить дату появления всходов:

- а) 25 мая, б) 27 мая, в) 29 мая, г) 22 мая.

9. На какой глубине почвы амплитуда годовых колебаний в средних широтах убывает почти до нуля:

- а) 5-6 м, б) 8-10 м, в) 10-11 м, г) 30 м, д) 15-20 м.

10. Формула радиационного баланса:

- а) $B=Q-R$, б) $B=Q-R-E_{эф}$, в) $S=S_0 \times r^m$, г) $E_{эф}=E_3-E_a$.

6 вариант

1. Формула коэффициента молекулярного рассеивания:

- а) $Q=S_1+D$, б) $A=R/Q \times 100$, в) $S_1=Q-D$, г) $K=C/\lambda^4$.

2. Понижение температуры воздуха или почвы ниже критической при небольшом снежном покрове вызывает у растений:

- а) образование ледяной корки; б) вымерзание;
в) выпирание; г) вымокание.

3. Второстепенный фактор среды обитания растений:

- а) свет, б) тепло, в) влага, г) воздух, д) ветер.

4. Назовите ученых, давших обоснование применения минеральных удобрений с учетом погодных условий:

- а) А.И. Воейков; б) П.И. Броунов;
- в) Ю.И. Чирков и И.А. Гольцберг;
- г) М.С. Кулик и А.П. Федосеев;
- д) С.А. Сапожникова.

5. Процентное содержание кислорода в составе сухого воздуха атмосферы:

- а) 18,02 %, б) 32 %, в) 28,02 %, г) 20,94 %, д) 42 %.

6. Формула барометрического нивелирования:

- а) $h=8000 (1+\alpha T_{cp}) / p$;
- б) $\Delta p=-\rho g \Delta h$;
- в) $H=16000 (1+\alpha T_{cp}) (p-p_1) / (p+p_1)$;
- г) $\Delta p= H/h$.

7. Растения длинного дня:

- а) рис, б) кукуруза, в) сорго, г) соя, д) лён.

8. На какой глубине почвы в полярных широтах затухает амплитуда годовых колебаний температуры?

- а) 5-6 м;; б) 10-12 м; в) 15-20 м; г) 29-30 м.

9. Как называется хаотическое движение небольших объёмов воздуха с разными направлениями?

- а) стратификация, б) турбулентность,
- в) адвекция, г) конвекция.

10. Карты, на которые наносятся данные метеорологических наблюдений, называются:

- а) метеорологическими,
- б) синоптическими,
- в) климатологическими.

7 вариант

1. Как называется упорядоченный вертикальный перенос воздуха, возникающий в результате неравномерного прогрева воздуха над разными участками земной поверхности:

- а) адвекция; б) стратификация;
- в) турбулентность; г) конвекция.

2. Растения короткого дня:
- а) пшеница, б) клевер, в) гречиха, г) ячмень, д) овёс.
3. Формула прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность:
- а) $S=S_0 \cdot P^m$; б) $S_1=S \cdot \sinh$; в) $S_1=Q-D$; г) $A=R/Q \cdot 100$.
4. Перед установкой минимального термометра необходимо:
- а) встряхнуть резервуаром книзу.
 б) повернуть горизонтально.
 в) повернуть резервуаром вверх, чтобы штифт дошел до пленки термометрической жидкости,
 г) положить на почву.
5. Кто изобрел ртутный барометр?
- а) Ломоносов; б) Галилей; в) Лейбниц; г) Торричелли.
6. На метеостанции А, расположенной 300 метров над уровнем моря, $p = 1000$ гПа, температура воздуха 8° . Применяя формулу барической ступени, определите давление на уровне моря, $\alpha=0,004$: а) 1036, б) 1013. в) 1936, г) 1000.
7. Когда был опубликован первый прогноз погоды в России?
- а) 1800, б) 1820, в) 1872, г) 1912.
8. Атмосферный газ, задерживающий ультрафиолетовые лучи солнечной радиации, называется:
- а) неон; б) криптон; в) ксенон; г) озон.
9. Принцип работы люксметра основан:
- а) на явлении термотока;
 б) на изменении сопротивления металла;
 в) на явлении фотоэффекта;
 г) на деформации металла.
10. Температура почвы, при которой целесообразен посев семян огурцов: а) $5-6^{\circ}$ б) $10-12^{\circ}$ в) $13-15^{\circ}$ г) $25-28^{\circ}$

8 вариант

1. Определить количество поглощенного тепла поверхностью дерново-подзолистой почвы ($B_{\text{погл.}}$), если $A=26\%$, $S=1,2$

кал/см²мин. Высота солнца над горизонтом 50° (sin 50° = 0,77), Д=0,12кал/см²мин.:

а) 0,88; б) 0,77; в) 0,87; г) 1,87.

2. Наименьшая высота тропосферы (9-10 км) наблюдается на широте: а) 0-30°, б) 30-40°, в) 45-60°, г) 80-90°.

3. Прибор для измерения скорости ветра в стационарных и экспедиционных условиях:

а) флюгер, б) анемометр, в) ветровой конус.

4. Принцип работы термографа М-16 основан:

а) на явлении термотока;

б) на деформации биметаллической пластинки;

в) на изменении сопротивления металла с изменением температуры;

г) на изменении объёма термометрической жидкости.

5. При участии какого газа атмосферы синтезируются органические вещества?

а) азота; б) водорода; в) кислорода; г) аргона; д) углекислого газа.

6. Формула расчёта сумм эффективных температур воздуха за месяц для картофеля:

а) $\Sigma T_{эф} = nх(T_{срм} - 5^0)$; б) $\Sigma T_{эф} = nх(T_{срм} - 10^0)$; в) $\Sigma T_{эф} = nх(T_{срм} - 15^0)$.

7. Синоптический знак ледяного дождя:

а) ; б) Δ ; в) \equiv г) \bullet .

8. При большом круговороте влаги осадки выпадают:

а) на поверхность океанов и морей;

б) на поверхность суши;

в) на растительность;

г) на поверхность суши и растительность.

9. Температура почвы при которой целесообразно производить посев гречихи:

а) 5...6°, б) 11...12°, в) 15...16°, г) 18...20°.

10. Причина возникновения радиационных поясов Земли:

- а) полярные сияния;
- б) метеоритные потоки;
- в) земное магнитное поле.

9 вариант

1. Определите амплитуду годовых колебаний температуры воздуха, если средняя температура июля 18° , января -15° :

- а) 3° , б) -3° , в) 33° .

2. Актинометром АТ-50 измеряется:

- а) рассеянная солнечная радиация;
- б) отраженная радиация;
- в) радиационный баланс;
- г) прямая радиация.

3. Зацветание яблони сибирки происходит при накоплении суммы эффективных среднесуточных температур выше 5° :

- а) $100-120^{\circ}$, б) $130-170^{\circ}$, в) $180-190^{\circ}$, г) $300-350^{\circ}$.

4. Слой атмосферы с наибольшим содержанием озона:

- а) тропосфера; б) мезосфера;
- в) термосфера; г) стратосфера.

5. Температура почвы, при которой целесообразно сеять гречиху:

- а) $2-3^{\circ}$, б) $6-7^{\circ}$, в) $11-12^{\circ}$, г) $15-17^{\circ}$.

6. Запасы продуктивной влаги соответствующей удовлетворительному состоянию всходов зерновых культур:

- а) 5-6 мм, б) 12-15 мм, в) 30-50 мм.

7. Сумма среднесуточных температур выше 10° при которой созревает картофель:

- а) $850-900^{\circ}$, б) $1200-1800^{\circ}$, в) $1900-2100^{\circ}$.

8. Время наступления максимальной температуры почвы:

- а) 11 ч., б) 12 ч., в) 13 ч., г) 16 ч.

9. Некроз (омертвление) листьев вызывает:

- а) углекислый газ; б) сероводород;

в) сернистый ангидрид; г) азот.

10. Год основания Главной геофизической обсерватории в Петербурге:

а) 1725; б) 1800 ; в) 1813; г) 1849.

10 вариант

1. Определите амплитуду годовых колебаний температуры воздуха, если среднемесячная температура июля 20° , января - 16° : а) 4° , б) -4° , в) 36° .

2. За организацию климатических исследований и обследований загрязнения атмосферы отвечает:

а) Гидрометеоцентр.

б) Центральная аэрологическая обсерватория.

в) Главная геофизическая обсерватория.

3. Какой из названных ниже атмосферных слоев солнца является основным источником солнечной радиации?

а) хромосфера; б) биосфера;

в) солнечная корона; г) фотосфера.

4. На метеостанции А, расположенной 400 метров над уровнем моря, давление воздуха 1000 гПа, температура воздуха 10° , газовый коэффициент $\alpha=0,004$. Определить давление на уровне моря:

а) 1000 гПа, б) 1048 гПа, в) 1010 гПа.

5. Перед установкой минимальный термометр необходимо:

а) встряхнуть резервуаром книзу;

б) повернуть резервуаром вверх, чтобы штифт дошел до плёнки поверхностного натяжения спирта;

в) повернуть вертикально.

6. Причина возникновения магнитных бурь – это...

а) поток электромагнитных лучей солнца меньше $0,4$ мкМ;

б) сильная ионизация термосферы;

в) взаимодействие солнечного ветра с магнитным полем Земли.

7. Средняя величина вертикального температурного градиента (ВТГ) в атмосфере насыщенного водяным паром воздуха при подъеме равна:

а) $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, б) $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, в) $2^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$

8. Актинометр АТ-50 измеряет:

а) суммарную;

б) отраженную;

в) прямую солнечную радиацию.

9. Запуск первого искусственного спутника Земли проведен:

а) 1955 г., б) 1956 г., в) 1957 г., г) 1961 г.

10. Оптимальная норма относительной влажности в жилых помещениях:

а) 15-20%; б) 30-40%; в) 40-60%; г) 70-80%.

11 вариант

1. Назовите фамилию изобретателя барометра анероида:

а) Паскаль. б) Лавуазье. в) Воейков. г) Лейбниц.

2. Актинометр АТ-50 измеряет:

а) скорость ветра; б) суммарную радиацию;

в) поглощенную радиацию; г) прямую солнечную радиацию

3. Холодостойкость – это способность растений...

а) выдерживать температуру воздуха ниже 0°C ,

б) устойчивость растений к комплексу неблагоприятных условий в период перезимовки,

в) способность растений длительное время переносить низкие положительные температуры (от 1 до 10°) без необратимого повреждения.

4. Формула для определения относительной влажности воздуха:

а) $a=0,8 \cdot e / (1 + \alpha \cdot t)$, б) $f=e/E \cdot 100$, в) $d=E-e$.

5. На высоте 1000 метров температура воздуха $T_z=+8^{\circ}\text{C}$. Определить температуру на уровне моря (T_0), если вертикальный температурный градиент (ВТГ) составляет $0,5^{\circ}\text{C}$:

а) 8°C , б) 10°C , в) 13°C .

6. Оптимальная норма освещенности при выращивании болгарских перцев в теплице:

а) 5000 лк.; б) 10000 лк.; в) 20000 лк.; г) 40000 лк.

7. Закон критических периодов развития растений сформулировал:

а) А.И. Воейков. б) К.А. Тимирязев.
в) П.И. Броунов. г) А.В. Клоссовский.

8. Укажите температуру почвы, при которой целесообразно начинать посев гречихи:

а) $4-5^{\circ}\text{C}$, б) $6-7^{\circ}\text{C}$, в) $7-8^{\circ}\text{C}$, г) $10-11^{\circ}\text{C}$.

9. Температура воздуха выше биологического минимума называется:

а) эффективной; б) оптимальной;
в) критической; г) активной.

10. Слой атмосферы, в котором отмечается резкое повышение температуры воздуха, называют:

а) стратосфера; б) тропосфера;
в) термосфера; г) магнитосфера.

12 вариант

1. Определите годовую амплитуду колебаний температуры воздуха, если среднемесячная температура июля 21° , среднемесячная января -12° .

а) 9° , б) 21° , в) 33° .

2. Формула прямой солнечной радиации, поступающей на поверхность Земли при перпендикулярном падении лучей:
 а) $S_1 = S \cdot \sin h$; б) $Q = S_1 + D$; в) $S = S_0 \cdot p^m$; г) $S_1 = Q - D$;
3. Декоративные растения короткого дня:
 а) астра, б) фиалка, в) нарцисс, г) хризантема.
4. При каких запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы (0-20см) всходы зерновых культур не появляются?
 а) 4-5 мм, б) 10-12 мм, в) 20-25 мм, г) 35-45 мм.
5. При малом круговороте испарившаяся влага выпадает в виде осадков:
 а) на поверхности суши;
 б) на поверхности океанов и морей;
 в) на поверхности гор.
6. Южная граница вечной мерзлоты совпадает с изотермой среднегодовой температуры воздуха:
 а) -2° , б) -4° , в) -6° , г) -10° .
7. Средняя скорость движения циклона зимой составляет:
 а) 30-45 км/час; б) 50-60 км/час; в) 80-90 км/час.
8. Радиационные заморозки – это...
 а) приток холодного воздуха;
 б) потеря тепла почвой в результате излучения;
 в) приток холодных масс воздуха и дополнительное их выхолаживание за счет почвенного излучения;
9. Огурцы развиваются если среднесуточная температура воздуха, которая превышает:
 а) $5-6^{\circ}$, б) $8-10^{\circ}$, в) $15-16^{\circ}$.
10. Процентное содержание в сухом атмосферном воздухе кислорода:
 а) 10 %, б) 15 %, в) 20,94 %, г) 30 %.

9.2. Тестовые задания по разделам:
влажность, испарение воды и конденсация водяного пара,
осадки, почвенная влага, опасные для сельского хозяйства
метеорологические явления, погода и климат

1 вариант

1. Формула абсолютной влажности:
а) $e=D-f$, б) $e=E_1-A \cdot p$, в) $e=E_1-A \cdot (T-T_1) \cdot p$, г) $e=A \cdot p$.
2. Радиационные заморозки – это...
а) приток холодных масс воздуха;
б) излучение тепла почвой;
в) приток холодных масс воздуха и дополнительное выхолаживание их.
3. Из каких облаков выпадают обложные осадки:
а) перистые. б) высоко-кучевые.
в) кучевые средние, г) слоисто-дождевые.
4. Формула расчета запаса воды в снеге перед снеготаянием:
а) $\hat{W}=13,9 \cdot d$; б) $E_m=d \cdot (15+3 \cdot V)$; в) $\hat{W}=H \cdot d \cdot 10$.
5. Синоптический знак гололёда:
а)  ; б) Δ ; в) \equiv г) ∞ ;
6. Определить абсолютную, относительную влажность, дефицит и точку росы, если температура сухого термометра 8° , смоченного – 5° , давление воздуха 1000 гПа, $A=0,0007$.
а) $e=5,2$ $f=59$ $d=5$ б) $e=6,6$ $f=62$ $d=4$
в) $e=4,2$ $f=99$ $d=7$ г) $e=8,2$ $f=89$ $d=8$
7. Какая из барических систем обуславливает ясную хорошую погоду без осадков?
а) циклон, б) ложбина, в) гребень, г) антициклон.
8. Каким прибором измеряется прямая солнечная радиация, поступающая на перпендикулярную поверхность?
а) пиранометр, б) альбедометр,

в) актинометр, г) люксметр.

9. Оптимальная освещенность при выращивании томатов в теплице:

а) 7000-8000 лк, б) 13000-15000 лк,

в) 23000-25000 лк, г) 60000-70000 лк.

10. Облака, обладающие наибольшей водоносностью:

а) перистые, б) слоистые, в) слоисто-дождевые.

2 вариант

1. Формула инсоляции:

а) $S=S_0 \cdot p^m$; б) $Q=S_1+Д$; в) $S_1=Q-Д$.

2. Адвективный заморозок – это...

а) излучение тепла почвой,

б) излучение тепла почвой и дополнительное выхолаживание,

в) приток холодных масс воздуха.

3. Синоптический знак ледяного дождя:

а) $\triangle \bullet$; б) Δ ; в) \equiv г) \bullet .

4. Определить месячное испарение с поверхности почвы (W_m), если среднемесячная температура воздуха 10^0 , относительная влажность 70 %:

а) 38,6; б) 33,3; в) 34,2; г) 36,8.

5. В каких облаках образуется град:

а) слоисто-кучевые, б) слоистые,

в) слоисто-дождевые, г) кучево-дождевые мощные.

6. Формула расчета ожидаемой минимальной температуры воздуха (M_b) по способу Михалевского:

а) $e=E_1-A \cdot (T-T_1) \cdot p$;

б) $\Sigma T=n \cdot (T-5)$;

в) $M_b=t_1-(t-t_1) \cdot C$.

7. Прибор для записи осадков называется:

а) гигрограф, б) плювиограф, в) термограф.

8. Точка росы это...

а) масса водяного пара в граммах в 1 м^3 воздуха,

б) температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар достигает насыщения при неизменном общем давлении,

в) разность между давлением насыщенного пара E при данной температуре воздуха и фактическим давлением пара в воздухе.

9. Главная причина двойного суточного хода абсолютной влажности (e) над сушей:

а) давление воздуха, б) излучение тепла почвой, в) конвекция.

10. Определить годовую амплитуду колебаний температуры воздуха, если среднемесячная температура июля 18° , среднемесячная температура января -16° :

а) 2° ; б) $1,1^{\circ}$; в) 43° ; г) 34° .

3 вариант

1. Наиболее опасными заморозками являются:

а) радиационные,

б) адвективные,

в) адвективно-радиационные.

2. Определите месячную испаряемость (E_M), если $T=20^{\circ}$, $f=60\%$, скорость ветра 6 м/с .

а) $e=14 \ E=234$;

б) $e=17 \ E=274$;

в) $e=15 \ E=534$;

г) $e=18 \ E=238$.

3. При теплом фронте образуются:

а) морозящие осадки,

б) ливневые осадки.

в) осадки не образуются.

4. Прибор для определения влажности в стационарных условиях:
- а) аспирационный психрометр,
 - б) стационарный психрометр,
 - в) росометр.
5. Облака верхнего яруса:
- а) слоисто-кучевые; б) перисто-слоистые;
 - в) высоко-слоистые; г) слоистые.
6. Синоптический знак снежной крупы:
- а) ↓ ; б) ≡ ; в) Δ ; г) • .
7. При каких запасах продуктивной влаги в пахотном слое начинается засуха?
- а) 8...10 мм; б) 20...25 мм; в) 40...45 мм.
8. Вымерзание озимой пшеницы происходит при температуре почвы на глубине 3 см:
- а) -8...-9⁰; б) -10...-12⁰; в) -16...-18⁰.
9. Понижение давления воздуха по барометру – это признак:
- а) улучшения погоды,
 - б) ухудшения погоды,
 - в) неизменной погоды.
10. Наиболее устойчивы к заморозкам в фазе всходов:
- а) картофель, сахарная свёкла; б) пшеница, ячмень;
 - в) гречиха.

4 вариант

1. Вымерзание озимой ржи происходит, когда температура почвы на глубине 3см составляет:
- а) -10...-12⁰; б) -16 -17⁰; в) -18..-19⁰, г) -20...-22⁰.
2. При какой величине ГТК засухи не будет?
- а) 0,6 – 0,8; б) 0,8 -1; в) больше 1.
3. Определить абсолютную, относительную влажность, дефицит, точку росы, если $T=10^0$, $T_1= 5^0$, $A=0,0007$, $p=1000\text{гПа}$.
- а) $e=5,2$; $f=42$; $d=7,1$;

- б) $e=5,2$; $f=32$; $d=4,1$;
 в) $e=7,2$; $f=72$; $d=7,1$.
4. При холодном фронте 2 рода образуются:
 а) обложные осадки,
 б) ливневые осадки иногда с выпадением града,
 в) морось.
5. Прибор для измерения освещенности:
 а) альбедометр, б) актинометр,
 в) гелиограф, г) люксметр.
6. Благоприятные условия для закалки озимой ржи:
 а) малооблачная погода с постепенным понижением температуры воздуха от $+5$ до -5^0 осенью;
 б) резкое понижение температуры воздуха от $+10^0$ до -10^0 ;
 в) повышение температуры воздуха до $+15$ $+17^0$ осенью.
7. Синоптический знак «гало» вокруг луны:
 а)  б)  в)  г) 
8. Наиболее активно поглощает ультрафиолетовое излучение: а) кислород; б) азот; в) углекислый газ; г) озон.
9. Застой талых вод на полях и затопление посевов- это...
 а) выпревание, б) выпирание, в) вымокание.
10. Культуры малоустойчивые к заморозкам:
 а) лён, морковь; б) овёс, ячмень;
 в) чечевица, чина; г) картофель, кукуруза.

5 вариант

1. Зона формирования континентального полярного воздуха (кПв):
 а) севернее 70^0 с.ш., б) $40-65^0$ с.ш., в) $30-40^0$ с.ш.
2. Определить минимальную температуру воздуха и почвы (M_B и $M_{П}$) по способу Михалевского, если в 13 часов $T=5^0$, $T_1=3^0$, $p=1000$ гПа, $A=0,0007$. Облачность 5 баллов.
 а) $f=71$, $M_B=-1^0$; б) $f=11$, $M_B=-1^0$; в) $f=71$, $M_B=-11^0$.

3. Прибор для записи осадков:
- а) гигрограф, б) термограф, в) пювниограф.
4. Выпревание озимых культур происходит:
- а) при замерзании воды в верхнем слое почвы после оттепели;
 - б) застой талой воды на полях;
 - в) длительное пребывание озимых под снежным покровом более 30 см при слабом промерзании почвы.
5. Формула расчета минимальной температуры воздуха по способу Михалевского:
- а) $M_1 = T_1 - (T - T_1) \cdot 2C$; б) $e = E \cdot f / 100$;
 - в) $\Sigma T_{\text{акт}} = n \cdot T_{\text{ср}}$; г) $M = T_1 - (T - T_1) \cdot C$.
6. Бриз – это ветер...
- а) дующий с гор в долину,
 - б) возникающий на берегах морей,
 - в) меняющий свое направление два раза в год.
7. Укажите особенность устройства максимального термометра:
- а) подвижный штифт в капиллярной трубке;
 - б) штифт припаян к дну резервуара, а верхним концом входит внутрь капиллярной трубки;
 - в) наличие ртути в резервуаре и капиллярной трубке.
8. Для каких с.-х. культур опасна весенняя засуха:
- а) картофель, корнеплоды,
 - б) озимые культуры,
 - в) пшеница, овёс, ячмень.
9. Крахмалистость картофеля уменьшается при...
- а) умеренно тёплой погоде,
 - б) прохладной, дождливой погоде,
 - в) очень сухой погоде.

10. Годовая сумма осадков климатической зоны тундры составляет:

- а) 200-300мм; б) 300-600мм; в) 700-800мм; г) 800-1000мм.

6 вариант

1. Зона формирования тропического воздуха:

- а) 30-40⁰ с.ш., б) 40-65⁰, в) 65-90⁰ с.ш.

2. Формула коэффициента влагообеспеченности по А.М. Алпатьеву:

- а) $k = T / \sum d$, б) $k = W_1 - W_2 + m / 0,65 \cdot d$, в) $ГТК = m / 0,1 \Sigma T$.

3. При какой температуре почвы зимой происходит повреждение корней плодовых деревьев (яблони, груши)?

- а) -5...-7⁰; б) -10...-12⁰; в) -3...-4⁰.

4. Выпирание посевов – это...

- а) застой талой воды на полях,
б) слой льда при оттепелях или жидких осадков,
в) замерзание воды в верхнем слое почвы после оттепели.

5. Для каких культур опасна осенняя засуха?

- а) картофель, корнеплоды,
б) озимые культуры,
в) пшеница, овёс.

6. По какому главному критерию оцениваются термические ресурсы?

- а) сумма осадков, б) направление ветра,
в) сумма активных температур воздуха, г) испарение.

7. Оптимальная величина продуктивной влаги в почве для клубнеобразования картофеля:

- а) 10-15 мм; б) 20-30 мм; в) 35-50 мм; г) 60-80 мм.

8. При какой скорости ветра дымление садов дает противозаморозковый эффект?

- а) 1-2 м/с; б) 3-5 м/с; в) 6-7 м/с.

9. Наиболее часто выпирание растений наблюдается в районах избыточно увлажненных...

- а) на песчаных почвах, б) на супесчаных,
в) на легкосуглинистых, г) на тяжелосуглинистых почвах.

10. Оптимальная освещенность при выращивании огурцов в теплице:

- а) 10-12 тыс. лк. б) 15-17 тыс. лк. в) 25-26 тыс. лк.

7 вариант

1. При какой скорости ветра происходит выдувание озимых культур при малом снежном покрове:?

- а) 2-3 м/с; б) 8-9 м/с; в) 11-15 м/сек.

2. При способе Венцкевича при прогнозе заморозка в сигнальный график входят:

- а) температура воздуха и точка росы,
б) разность показаний температуры воздуха в 13 и 21 час,
в) абсолютная влажность (мм) и температура воздуха в 19 часов.

3. Всходы яровых культур не появляются при запасах продуктивной влаги: а) меньше 5 мм, б) 8-10 мм, в) 10-15 мм.

4. Годовое количество осадков зоны тундры:

- а) 80-100 мм, б) 200-300 мм, в) 450-600 мм.

5. Формула месячной суммы эффективных температур для томатов:

- а) $\Sigma T_{эф} = n \cdot (T - 10)$; б) $\Sigma T_{эф} = n \cdot (T - 15)$; в) $\Sigma T_{эф} = n \cdot (T - 5)$.

6. Синоптический знак мокрого снега:

- а)  ; б)  ; в)  ; г) 

7. Максимум осадков в континентальном типе наблюдается:

а) дополуденные часы, б) послеполуденные, в) ночные часы.

8. Основатель климатологии в России:

- а) В.В. Докучаев, б) А.И. Воейков,
в) П.И. Броунов, г) Л.С. Берг.

9. Укажите критическую температуру для огурцов в фазе всходов:

- а) $0...-1^0$; б) $1...2^0$; в) $3...5^0$.

10. Годовое количество осадков для климата тундры:

- а) 150-300 мм б) 300-600 мм в) 500-600 мм.

8 вариант

1. Облачная система при холодном фронте представлена:

- а) перистыми облаками; б) слоистыми; в) кучево-дождевыми.

2. Формула вертикального температурного градиента в свободной атмосфере:

- а) $ВГТ=(t_0- t_h) \cdot 10000/Н$,
б) $ВГТ=(t_н-t_h)/(z_в-z_h) \cdot 100$,
в) $ГБТ=\Delta p/\Delta h \cdot 100$.

3. Сумма среднесуточных температур выше 10^0 при выращивании гречихи должна быть:

- а) 950-12000, б) 1200-1400⁰, в) 1400-1700⁰.

4. Оптимальная относительная влажность при хранении картофеля: а) 30-40 % ; б) 40-50 %; в) 50-70 %; г) 80-90 %.

5. Критическая температура почвы при вымерзании озимой ржи: а) $-12...-15^0$; б) $-17...-19^0$; в) $-22...-24^0$.

6. Температура воздуха 15^0 , относительная влажность 70 %. Определить парциальное давление – е, абсолютную влажность – а, дефицит влаги – d.

- а) $e=2, d=15$, б) $e=12, d=15$, в) $e=5, d=12$, г) $e=12, d=5$.

7. Угол наклона рам русских парников февральской закладки:

- а) $3-4^0$; б) $6-9^0$; в) $12-14^0$; г) $20-25^0$.

8. Средняя продолжительность выпадения града:

- а) 5-10 мин, б) 20-30 мин, в) 30-40 мин,

9. На сколько градусов повышается температура воздуха при дымлении садов:

- а) $1- 2^0$, б) $3-4^0$, в) $5-6^0$, г) $7-8^0$.

10. Основной показатель теплообеспеченности при агроклиматическом районировании:

- а) сумма среднесуточных температур воздуха выше 0° ;
- б) сумма среднесуточных температур воздуха выше 5° ;
- в) сумма среднесуточных температур воздуха выше 10° .

9 вариант

1. Впервые карту общего агроклиматического районирования России составил:

- а) Ю.И. Чирков, б) В.И. Виткевич,
- в) Г.Т. Селянинов, г) Ф.Ф. Давитая.

2. Холодостойкость – способность растений переносить температуру воздуха:

- а) ниже 0° ; б) ниже -10° ; в) ниже -20° ; г) от 1 до $+10^{\circ}$.

3. Зацветание земляники садовой происходит при накоплении сумм эффективных температур воздуха выше 5° :

- а) 100-200 $^{\circ}$; б) 200-300 $^{\circ}$; в) 300-400 $^{\circ}$; г) 490-500 $^{\circ}$.

4. При движении на восток России суровость зимы:

- а) уменьшается,
- б) усиливается,
- в) изменений не наблюдается.

5. Плувиограф записывает:

- а) влажность воздуха, б) температуру,
- в) солнечную радиацию, г) осадки.

6. Высоко-слоистые облака относятся к облакам:

- а) конвекции, б) скольжения, в) турбулентности.

7. Среднемесячная температура воздуха 10° , относительная влажность – $f=80\%$. Определить месячное испарение (w) с поверхности почвы.

- а) $e=9$, $W=26$; б) $e=19$, $W=26$; в) $e=19$, $W=6$.

8. При вторжении морского арктического воздуха весной наблюдается:

- а) ясная, малооблачная погода,
- б) резкое похолодание,
- в) постепенное похолодание,
- г) пасмурная погода с похолоданием.

9. За что отвечает Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова:

- а) за все виды прогнозов погоды
- б) за агрометеопрогнозы
- в) за состояние атмосферы и организацию климатических исследований

10. Формула интенсивности осадков:

- а) $d = \dot{n} / 10 \cdot h$
- б) $d = E - e$
- в) $i = h / t$

10 вариант

1. Муссонная циркуляция характерна для...

- а) Урала,
- б) Дальнего Востока,
- в) Западной Сибири,
- г) Казахстана.

2. Туманы – это...

- а) скопление продуктов конденсации и сублимации в свободной атмосфере;
- б) скопление продуктов конденсации или сублимации взвешенных в воздухе над поверхностью Земли;
- в) скопление продуктов конденсации на Земле.

3. Адвективные заморозки – это...

- а) приток холодных масс воздуха;
- б) излучение тепла почвой;
- в) приток холодных масс воздуха и дополнительное их выхолаживание путем земного излучения.

4. При какой засухе нарушается суточный ход температуры воздуха:
- а) почвенной, б) атмосферной, в) смешанной.
5. Формула продуктивной влаги в почве:
- а) $w=13,9 \cdot d$; б) $w=0,1d \cdot (V-k) \cdot h$; в) $Q=A \cdot (E_1-e)/p$.
6. Штормовой, порывистый и холодный ветер, дующий с низких горных хребтов в сторону моря, – это...
- а) муссон, б) бриз, в) сирокко, г) бора.
7. При теплом фронте вначале появляются:
- а) кучевые облака, б) кучевые средние, в) слоистые, г) перистые.
8. Формула абсолютной влажности:
- а) $e=E_1-A \cdot (t-t_1) \cdot p$; б) $d=E-e$; в) $a=0,8 \cdot e/1 + \alpha \cdot t$.
9. Основатель климатологии в России:
- а) П.И. Броунов, б) А.В. Клоссовский, в) А.И. Воейков, г) И.М. Комов.
10. Температура повреждения всходов гречихи заморозками:
- а) $0 \dots -1^{\circ}\text{C}$; б) $-1 \dots -2^{\circ}\text{C}$; в) $-3 \dots -4^{\circ}\text{C}$.

11 вариант

1. Муссоны – это...
- а) устойчивые ветры, дующие к экватору;
 б) сезонные ветры с резкой переменой направления зимой и летом;
 в) ветры, дующие с гор.
2. Какие культуры повреждаются сильнее весенней засухой?
- а) озимая рожь, б) картофель, в) пшеница.
3. Оптимальная температура воздуха при хранении капусты:
- а) $+1 \dots +4^{\circ}$; б) $0 \dots -1^{\circ}$; в) $+6 \dots +7^{\circ}$.

4. В передней части облачной системы холодного фронта первого рода возникают:

- а) перистые, перисто-слоистые облака,
- б) слоисто-дождевые,
- в) кучево-дождевые.

5. Наиболее эффективный способ защиты растений от заморозков:

- а) дымление, б) дождевание, в) мульчирование.

6. Суммы среднесуточных температур выше 10^0 для субарктического пояса (зона тундры):

- а) 400-600⁰; б) 1000-1200⁰; в) 1500-1600⁰.

7. Весовой снегомер ВС-43 предназначен для измерения:

- а) высоты снега, б) влажности, в) плотности снега.

8. При среднемесячной температуре воздуха января от -15 до -20⁰ зима:

- а) умеренно мягкая, б) умеренно холодная,
- в) холодная, г) суровая.

9. Увлажнение достаточное если ГТК:

- а) более 2,0; б) 1,5-2; в) 1,3-1,5.

10. Формула расчета минимальной температуры почвы по методу Михалевского:

- а) $M_{\text{в}}=T_1-(T-T_1)\cdot C$; б) $M_{\text{п}}=T-(T-T_1)\cdot 2C$; в) $M_{\text{п}}=T_1-(T-T_1)\cdot 2C$.

12 вариант

1. При среднемесячной температуре января от -5 до -10⁰ зима: а) мягкая; б) умеренно мягкая; в) очень мягкая.

2. Абсолютный минимум температуры воздуха на территории России: а) -50⁰; б) -72⁰; в) -88⁰.

3. Вызревание растений происходит при длительном пребывании под снежным покровом высотой:

- а) 10 см; б) 20 см; в) 35 см.
4. Критическая температура вымерзания клевера:
а) $-8\dots-10^0$; б) $-10\dots-120$; в) $-13\dots-16^0$.
5. Зацветание малины происходит при накоплении суммы эффективных температур воздуха выше 5^0 :
а) 105^0 ; б) 190^0 ; в) 200^0 ; г) 310^0 .
6. Морозящие осадки выпадают из облаков:
а) перисто-слоистых,
б) слоистых и слоисто-дождевых,
в) кучево-дождевых.
7. Иней – это...
а) рыхлый снеговидный осадок, нарастающий на ветвях деревьев, проводах и т.п.,
б) мелкие кристаллы льда, покрывающие поверхность почвы, травы, ветви кустарников и деревьев,
в) слой льда, образующегося на земной поверхности, деревьях и других наземных предметах.
8. Критическая температура начала повреждения всходов картофеля: а) $0\dots-1^0$; б) $-5\dots-6^0$; в) $-2\dots-3^0$; г) $-7\dots-8^0$.
9. Продолжительность беззаморозкого периода уменьшается:
а) на вершинах холмов, верхних частях склонов,
б) на низинах, котловинах,
в) на побережья крупных водоемов.
10. Какие культуры испытывают отрицательное действие осенней засухи?
а) пшеница, овес; б) картофель, свекла; в) озимая рожь.

Приложение 1

Значения синусов различных углов при расчете инсоляции S'

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| h₀ | 0° | 5° | 10° | 15° | 18° | 20° | 22° | 24° | 26° | 28° | 30° |
| sinh ₀ | 0,00 | 0,09 | 0,17 | 0,26 | 0,31 | 0,34 | 0,37 | 0,41 | 0,44 | 0,47 | 0,50 |
| h₀ | 32° | 34° | 36° | 38° | 40° | 42° | 44° | 46° | 48° | 50° | 52° |
| sinh ₀ | 0,53 | 0,56 | 0,59 | 0,62 | 0,64 | 0,67 | 0,69 | 0,72 | 0,74 | 0,77 | 0,79 |
| h₀ | 54° | 55° | 56° | 57° | 58° | 60° | 65° | 70° | 75° | 80° | 90° |
| sinh ₀ | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,87 | 0,91 | 0,94 | 0,97 | 0,95 | 1,00 |

Приложение 2

Альбедо различных видов подстилающей поверхности

| Поверхность | Характеристика | Альбедо% |
|---------------------|---------------------------|----------|
| Почва | | |
| Чернозем | Сухой | 14 |
| | Влажный | 8 |
| Глина | Сухая | 23 |
| | Влажная | 16 |
| Поле | Паровое сухое | 8-12 |
| | Паровое влажное | 5-7 |
| | Вспаханное влажное | 14 |
| Песок | Речной | 43 |
| | Желтый | 35 |
| Растительный покров | | |
| Рожь, пшеница | Различные стадии зрелости | 10-25 |
| Трава | Зелёная | 26 |
| | Сухая | 19 |
| Лес | | 10-18 |
| Снежный покров | | |
| Снег | Сухой чистый | 84-95 |
| | Влажный чистый | 63 |
| | Влажный грязный | 30-40 |
| Лед | Морской | 36 |

Приложение 3

Максимальная упругость водяного пара (гПа) в зависимости от температуры воздуха

| T ⁰ C | Десятые доли градуса | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| -9 | 3,1 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| -8 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,1 | 3,1 |
| -7 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| -6 | 3,9 | 3,9 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,6 |
| -5 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,9 |
| -4 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,2 |
| -3 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| -2 | 5,3 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,1 | 5,1 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 4,9 |
| -1 | 5,7 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,5 | 5,5 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,3 |
| -0 | 6,1 | 6,1 | 6,0 | 6,0 | 5,9 | 5,9 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,7 |
| 0 | 6,1 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,3 | 6,3 | 6,4 | 6,4 | 6,5 | 6,5 |
| 1 | 6,6 | 6,6 | 6,7 | 6,7 | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,9 | 7,0 | 7,0 |
| 2 | 7,0 | 7,1 | 7,2 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,4 | 7,4 | 7,5 | 7,5 |
| 3 | 7,6 | 7,6 | 7,7 | 7,7 | 7,8 | 7,8 | 7,9 | 8,0 | 8,0 | 8,1 |
| 4 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 8,3 | 8,4 | 8,4 | 8,5 | 8,5 | 8,6 | 8,7 |
| 5 | 8,7 | 8,8 | 8,8 | 8,9 | 9,0 | 9,0 | 9,1 | 9,2 | 9,2 | 9,3 |
| 6 | 9,4 | 9,4 | 9,5 | 9,5 | 9,6 | 9,7 | 9,7 | 9,8 | 9,9 | 10,0 |
| 7 | 10,0 | 10,1 | 10,2 | 10,2 | 10,3 | 10,4 | 10,4 | 10,5 | 10,6 | 10,6 |
| 8 | 10,7 | 10,8 | 10,9 | 11,0 | 11,0 | 11,1 | 11,2 | 11,2 | 11,3 | 11,4 |
| 9 | 11,5 | 11,6 | 11,6 | 11,7 | 11,8 | 11,9 | 12,0 | 12,0 | 12,1 | 12,2 |
| 10 | 12,3 | 12,4 | 12,4 | 12,5 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 13,0 | 13,0 |
| 11 | 13,1 | 13,2 | 13,3 | 13,4 | 13,5 | 13,6 | 13,7 | 13,8 | 13,8 | 13,9 |
| 12 | 14,0 | 14,1 | 14,2 | 14,3 | 14,4 | 14,5 | 14,6 | 14,7 | 14,8 | 14,9 |
| 13 | 15,0 | 15,1 | 15,2 | 15,3 | 15,4 | 15,5 | 15,6 | 15,7 | 15,8 | 15,9 |
| 14 | 16,0 | 16,1 | 16,2 | 16,3 | 16,4 | 16,5 | 16,6 | 16,7 | 16,8 | 17,0 |
| 15 | 17,1 | 17,2 | 17,3 | 17,4 | 17,5 | 17,6 | 17,7 | 17,8 | 18,0 | 18,1 |
| 16 | 18,2 | 18,3 | 18,4 | 18,5 | 18,7 | 18,8 | 18,9 | 19,0 | 19,1 | 19,3 |
| 17 | 19,4 | 19,5 | 19,6 | 19,8 | 19,9 | 20,0 | 20,1 | 20,3 | 20,4 | 20,5 |
| 18 | 20,6 | 20,8 | 20,9 | 21,0 | 21,2 | 21,3 | 21,4 | 21,6 | 21,7 | 21,8 |
| 19 | 22,0 | 22,1 | 22,3 | 22,4 | 22,5 | 22,7 | 22,8 | 23,0 | 23,1 | 23,2 |
| 20 | 23,4 | 23,5 | 23,7 | 23,8 | 24,0 | 24,1 | 24,3 | 24,4 | 24,6 | 24,7 |
| 21 | 24,9 | 25,0 | 25,2 | 25,4 | 25,5 | 25,7 | 25,8 | 26,0 | 26,1 | 26,3 |
| 22 | 26,5 | 26,6 | 26,8 | 26,9 | 27,1 | 27,3 | 27,4 | 27,6 | 27,8 | 27,9 |
| 23 | 28,1 | 28,3 | 28,5 | 28,6 | 28,8 | 29,0 | 29,2 | 29,3 | 29,5 | 29,7 |
| 24 | 29,9 | 30,0 | 30,2 | 30,4 | 30,6 | 30,8 | 31,0 | 31,1 | 31,3 | 31,5 |
| 25 | 31,7 | 31,9 | 32,1 | 32,3 | 32,5 | 32,7 | 32,9 | 33,0 | 33,2 | 33,4 |
| 26 | 33,6 | 33,8 | 34,0 | 34,2 | 34,4 | 34,6 | 34,9 | 35,1 | 35,3 | 35,5 |
| 27 | 35,6 | 35,9 | 36,1 | 36,3 | 36,5 | 36,8 | 37,0 | 37,2 | 37,4 | 37,6 |
| 28 | 37,8 | 38,1 | 38,3 | 38,5 | 38,7 | 39,0 | 39,2 | 39,4 | 39,6 | 39,9 |
| 29 | 40,1 | 40,3 | 40,6 | 40,8 | 41,0 | 41,3 | 41,5 | 41,8 | 42,0 | 42,2 |
| 30 | 42,5 | 42,7 | 43,0 | 43,2 | 43,5 | 43,7 | 44,0 | 44,2 | 44,5 | 44,7 |
| 31 | 44,9 | 45,2 | 45,4 | 45,7 | 46,0 | 46,2 | 46,5 | 46,8 | 47,0 | 47,3 |
| 32 | 47,6 | 47,8 | 48,1 | 48,4 | 48,6 | 48,9 | 49,2 | 49,5 | 49,7 | 50,0 |
| 33 | 50,3 | 50,6 | 50,9 | 51,2 | 51,4 | 51,7 | 52,0 | 52,3 | 52,6 | 52,9 |
| 34 | 53,2 | 53,5 | 53,8 | 54,1 | 54,4 | 54,7 | 55,0 | 55,3 | 55,6 | 55,9 |
| 35 | 56,2 | 56,5 | 56,9 | 57,2 | 57,5 | 57,8 | 58,1 | 58,5 | 58,8 | 59,1 |

Приложение 4

Группы растений по отношению к минимальной, оптимальной и максимальной температуре воздуха

| № п/п | Группы растений | Температура | | |
|-------|---|-------------|-------------|--------------|
| | | минимальная | оптимальная | максимальная |
| 1 | Холодостойкие: зерновые культуры 1-й группы, многолетние травы, ягодники | 5 | 18 | 25 |
| 2 | Теплолюбивые: зерновые культуры 2-й группы, картофель, сахарная свекла | 10 | 23 | 28 |
| 3 | Теплолюбивые овощные культуры (огурцы, томаты, перцы, баклажаны и др.) | 15 | 28 | 35 |

Приложение 5

Значение коэффициента С в зависимости от влажности воздуха

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Относительная влажность (f), % | 20 | 25 | 30 | 40 | 45 | 50 | 60 | 65 | 70 |
| Коэффициент С | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |
| Относительная влажность (f), % | 75 | 80 | 82 | 85 | 88 | 90 | 93 | 96 | 100 |
| Коэффициент С | 2,5 | 3,0 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,0 | 4,3 | 4,6 | 5,0 |

Суммы эффективных температур, °С, необходимые
для прохождения основных межфазных периодов зерновых
культур при оптимальном увлажнении

| Культу- ра | Межфазные периоды | | | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| | посев- всхо- ды | всхо- ды- куще- ние | куще- ние- выход в трубку | выход в трубку- колоше- ние | колоше- ние- восковая спелость | всхо- ды- воско- вая спе- спе- лость |
| Озимая рожь | 52 | 119 | | 183 | 544 | 1800- 2100 |
| Озимая пшени- ца | 62 | 134 | | 312-330 | 445-490 | |
| Яровая пшени- ца | 67 | 134 | 43 | 330-400 | 450-540 | |
| Овёс | 67 | 134 | 43 | 378 | 428-466 | |
| Ячмень | 67 | 134 | 43 | 330 | 388-410 | |

Ответы на задачи

К разделу 1. Атмосферное давление

- 1.2.1. 178,7 м
- 1.2.2. 1024 гПа
- 1.2.3. 8,2 м, 1018 гПа
- 1.2.4. 7,9 м
- 1.2.5. 355 м
- 1.2.6. 16,5 м
- 1.2.7. 1024,1 гПа
- 1.2.8. $-43,8^0$; 991,9 гПа
- 1.2.9. 1048,9 гПа
- 1.2.10. 8,3 м

К разделу 2. Солнечная радиация

- 2.2.1. 525 Вт/м²
- 2.2.2. 444 Вт/м²
- 2.2.3. 854 Вт/м²
- 2.2.4. 0,43 кВт/м²
- 2.2.5. 25 %
- 2.2.6. 192 Вт/м²
- 2.2.7. 0,58 кал/см²мин
- 2.2.8. 0,6 кал/см²мин
- 2.2.9. $R=0,48$ кал/см²мин; $B=0,70$ кал/см²мин
- 2.2.10. 0,8 кал/см²мин

К разделу 3. Температура воздуха и почвы

- 3. 2.1. $0,5^0\text{C}/100$ м
- 3.2. 2. 620^0C , 155^0C
- 3. 2.3. 9^0C
- 3. 2.4. 15^0C , 5^0C
- 3. 2.5. $9,5^0\text{C}$
- 3. 2.6. $-0,5^0/100$ м
- 3.2.7. 450^0 , 150^0
- 3. 2.8. 15 мая
- 3. 2.9. $12,7^0$
- 3. 2.10. $17,2^0$

К разделу 4. Влажность воздуха

- 4.2.1. $a=3,6$ г/м³, $e=4,7$ гПа, $f=88$ %, $d=7,6$ гПа, $t_p=-3,8^0$
- 4.2.2. $a=10,5$ г/м³, $e=14$ гПа, $d=9,4$ гПа, $t_p=-12^0$
- 4.2.3. $f=50$ %
- 4.2.4. $a=9,06$ г/м³, $e=12$ гПа
- 4.2.5. $e=15,7$ гПа, $d=10,4$ гПа, $t_p=13,7^0$

- 4.2.6. $e=15,2$ гПа, $f=71$ %, $d=6,1$ гПа, $t_p=13,2^0$
- 4.2.7. $W_M=89,7$ мм
- 4.2.8. $d=4,1$ гПа
- 4.2.9. $W_M=51,43$ мм
- 4.2.10. $E_M=111$ мм

К разделу 5. Осадки

- 5.2.1. $1,8$ мм/мин, 18 м³
- 5.2.2. $0,1$ мм/мин
- 5.2.3. 60 м³/Га
- 5.2.4.. $53,3$ мм
- 5.2.5. 75 м³/Га
- 5.2.6. 1200 м³/Га
- 5.2.7. 450 м³/Га
- 5.2.8. $0,024$ мм/мин, 72 м³/Га
- 5.2.9. $0,28$ г/см³
- 5.2.10. 800 м³/Га

К разделу 6. Заморозки

- 6.2.1. $-4,8^0$
- 6.2.2. $-1,8^0$, $-6,0^0$
- 6.2.3. $-3,3^0$, $-9,7^0$
- 6.2.4. $+0,8^0$, $-6,2^0$
- 6.2.5. $+0,8^0$, $4,4^0$
- 6.2.6. $+2,5^0$, $-2,5^0$
- 6.2.7. $-2,5^0$, $-6,1^0$
- 6.2.8. $-4,5^0$, $-10,5^0$
- 6.2.9. -3^0 , -4^0
- 6.2.10. $-0,5^0$, $-5,5^0$

К разделу 7. Засухи

- 7.2.1. $1,0$, засуха не наблюдается
- 7.2.2. $2,29$, засухи не будет
- 7.2.3. $0,65-0,7$, слабая засуха
- 7.2.4. $2,5$, засуха не наблюдается
- 7.2.5. $1,1$, засухи нет
- 7.2.6. отмечается начало засухи
- 7.2.7. $0,76$, отмечается слабая засуха
- 7.2.8. $2,4$, засуха не наблюдается
- 7.2.9. засухи не будет
- 7.2.10. $1,1$, засуха не наблюдается

К разделу 8. Фенологический прогноз

- 8.2.1. 10 июля
- 8.2.2. 17 июля
- 8.2.3. 15 июля
- 8.2.4. 11 июля
- 8.2.5. 18 июля
- 8.2.6. 13 июля
- 8.2.7. 20 июля
- 8.2.8. 21 июля
- 8.2.9. 20 июля
- 8.2.10. 24 июля

Ответы на тестовые задания

К разделу 9.1. Земная атмосфера, лучистая энергия,
температурный режим почвы и воздуха.

| Вопросы | Номера вариантов | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------|---|---|---|------|---|---|------|---|------|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Б | В | В | В | Б | Г | Г | 0,77 | В | В | Г | В |
| 2 | В | Б | Б | В | В | Б | В | Г | Г | В | Г | В |
| 3 | Д | Г | В | В | 1024 | Д | В | А | В | Г | В | Г |
| 4 | А,Г | В | Б | Г | В | Г | В | Б | Г | 1048 | Б | А |
| 5 | А,Б | Г | Г | В | Б | Г | Г | Д | В | Б | В | Б |
| 6 | Б | Б | Г | Б | Г | В | А | Б | Б | В | В | А |
| 7 | Б | В | В | Г | Г | Д | В | А | Б | Б | В | Б |
| 8 | Г | В | В | Г | Б | Г | Г | Г | В | В | Г | Б |
| 9 | В | В | Г | В | Д | В | В | Б | В | В | Г | В |
| 10 | Б | Г | В | Б | Б | Б | В | В | Г | В | В | В |

К разделу 9.2. Водяной пар, испарение воды, почвенная
влага, погода и климат, опасные для сельского хозяйства
метеорологические явления.

| Вопросы | Номера вариантов | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | В | В | Б | Г | Б | А | В | В | В | Б | Б | Б |
| 2 | Б | В | А | В | А | Б | В | Б | Г | Б | В | Б |
| 3 | Г | Д | А | А | В | Б | А | Б | Г | А | Б | В |
| 4 | В | А | Б | Б | В | В | Б | Г | Б | Б | В | В |
| 5 | Г | Г | Б | Г | Г | Б | Б | В | Г | Б | Б | Г |
| 6 | Б | В | В | А | Б | В | В | Г | Б | Г | Б | Б |
| 7 | Г | Б | А | В | Б | В | Б | Б | А | Г | В | Б |
| 8 | В | Б | В | Г | В | А | Б | А | В | В | В | В |
| 9 | В | В | Б | В | Б | Г | А | В | В | Б | В | В |
| 10 | В | Г | Б | Г | А | В | А | В | В | Б | В | В |

Список литературы

1. Гуральник И.И., Ларин В.В., Мамиконова С.В. Сборник задач и упражнений по метеорологии. Л. : Гидрометеоиздат, 1983. 191 с.
2. Котюков Б.Н. Сельскохозяйственная метеорология: лабораторный практикум. Пермь : Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. 71с.
3. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. М. : «КолосС», 2003. 301 с.
4. Практикум по агрометеорологии / В.А. Сенников [и др.]. М. : «КолосС», 2006. 215 с.

Учебное издание

Котюков Борис Николаевич, **Баландин** Борис Николаевич,
Кузьменко Ирина Николаевна

СБОРНИК ЗАДАЧ И ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ
ПО АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Подписано в печать 20.06. 2016 г. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 4,69. Тираж 50 экз. Заказ 84.

ИПЦ «Прокрость»

Пермской государственной сельскохозяйственной академии
имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23 тел. (342) 210-35-34