

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

*А.А. Белоусов*

## **ПРАКТИКУМ ПО АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ**

*Рекомендовано Учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для студентов по направлениям подготовки: 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», профиль «Агроэкология», 35.03.04 «Агрономия», профиль «Агрономия» и 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», профиль «Технология производства и переработки продукции животноводства»*

*Электронное издание*

Красноярск 2024

ББК 40.21я73

Б 43

*Рецензенты:*

*Ю.Н. Трубников, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории космических систем и технологий  
ФИЦ КНЦ СО РАН*

*Ю.В. Бабиченко, кандидат биологических наук, ведущий специалист-эксперт отдела государственного земельного надзора Управления Россельхознадзора по Красноярскому краю*

Б 43 **Белоусов А.А.**  
**Практикум по агрометеорологии [Электронный ресурс]:** учеб. пособие / А.А. Белоусов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2024. – 168 с.

В учебном пособии изложен теоретический материал основных разделов и задания к проведению лабораторных работ, представлены тестовые задания. В приложениях даны вспомогательные материалы для расчета необходимых показателей.

Предназначено для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Агрометеорология» для студентов по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», профиль «Агроэкология», 35.03.04 «Агрономия», профиль «Агрономия» и 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», профиль «Технология производства и переработки продукции животноводства»

ББК 40.21я73

© Белоусов А.А., 2024

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛО- ГИИ .....	6
<b>1. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Основные понятия и виды солнечной радиации .....	13
1.2. Радиационный баланс и составляющие его элементы .....	17
1.3. Фотосинтетически активная радиация и пути ее рационального ис- пользования .....	18
<i>Лабораторная работа 1. Оценка радиационных ресурсов исследуемой территории .....</i>	<i>21</i>
<b>2. ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ ЗЕМЛЕ- ПОЛЬЗОВАНИЯ .....</b>	<b>30</b>
2.1. Основные показатели теплообеспеченности растений .....	30
2.2. Оценка обеспеченности сельскохозяйственных растений теплом .....	31
2.3. Прогнозирование теплообеспеченности вегетационного периода .....	36
2.4. Прогноз сроков наступления основных фаз развития и созревания сельскохозяйственных культур .....	40
<i>Лабораторная работа 2. Оценка термических ресурсов исследуемой территории .....</i>	<i>43</i>
<b>3. ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ИССЛЕ- ДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ.....</b>	<b>48</b>
3.1. Основные функции, выполняемые водой в биологических объектах .....	48
3.2. Годовой ход осадков по исследуемому году и по норме .....	49
3.3. Оценка обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой.....	50
3.4. Методы оценки условий влагообеспеченности посевов по влагозапа- сам в корнеобитаемом слое почвы .....	53
<i>Лабораторная работа 3. Оценка условий увлажнения исследуемой тер- ритории .....</i>	<i>56</i>
<b>4. ВОДА В АТМОСФЕРЕ. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА .....</b>	<b>63</b>
4.1. Понятие влажности воздуха и ее характеристики .....	63
4.2. Суточный и годовой ход влажности воздуха .....	65
4.3. Методы и приборы для измерения влажности воздуха .....	66
4.4. Испарение влаги, транспирация и эвапотранспирация .....	68
4.5. Влажность воздуха и ее значение в жизни растений .....	71
<i>Лабораторная работа 4. Расчет основных показателей влажности воз- духа.....</i>	<i>72</i>
<b>5. АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. ОБЛАКА И ПОГОДА. ВЕТЕР И ЕГО РОЛЬ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ .....</b>	<b>79</b>
5.1. Атмосферная циркуляция и атмосферное давление .....	79
5.2. Облака и погода .....	83
5.3. Местные признаки погоды.....	86

5.4. Ветер и его роль в земледелии .....	90
<i>Лабораторная работа 5.1. Приведение атмосферного давления к уровню моря.....</i>	93
<i>Лабораторная работа 5.2. Построение розы ветров и ее анализ.....</i>	100
<b>6. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ И ОПАСНЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ .....</b>	102
6.1. Заморозки, их классификация и опасность .....	102
6.2. Прогнозирование заморозков .....	104
6.3. Методы защиты сельскохозяйственных и плодовых культур от заморозков .....	107
<i>Лабораторная работа 6. Прогнозирование заморозков по методу Михалеvского .....</i>	110
<b>ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ .....</b>	111
<b>ГЛОССАРИЙ .....</b>	133
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	139
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	141

## ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственное производство нередко называют «цехом под открытым небом», потому что основная продукция в нем создается непосредственно в природных условиях. Среди местных природных условий важная роль принадлежит климатическим и погодным условиям. Известный русский ученый В.В. Докучаев указывал, что «почва и климат суть основные и важнейшие факторы земледелия – первые и неизбежные условия урожаев».

Специалистам сельского хозяйства необходимо уметь эффективно использовать ресурсы климата для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства и бороться с неблагоприятными метеорологическими условиями. В этой связи большое значение приобретает овладение специалистами сельского хозяйства и экологии наукой «Агрометеорология», которая изучает климат и погоду как основные и необходимые природные ресурсы сельского хозяйства. Для этого им необходимо знать физические основы явлений и процессов, происходящих как в атмосфере в целом, так и приземном слое, в связи с их влиянием на объекты и процессы сельскохозяйственного производства.

Следует хорошо знать климатические и погодные условия района расположения хозяйства и максимально использовать их при проведении организационных и технических мероприятий повышения культуры земледелия и плодородия почв, борьбы с вредителями и болезнями растений и охраны окружающей естественной среды.

Убытки в сельском хозяйстве по метеорологическим причинам больше, чем в какой-либо другой отрасли экономики. В связи с этими особенностями учет климата и погоды необходим как при размещении разных видов сельскохозяйственных культур, так и при их возделывании во все сезоны года. Любая сельскохозяйственная культура требует определенного количества тепла, влаги, света как в сумме за вегетационный период, так и в течение каждой фазы своего развития. Следовательно, чтобы решить, целесообразно ли выращивать ту или иную культуру в конкретном регионе, необходимо знать особенности климата этой территории.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

На стыке различных областей знаний о природе в конце XIX столетия в России под влиянием передовых идей профессоров А.И. Воейкова и П.И. Броунова сформировалась новая наука – *сельскохозяйственная метеорология (агрометеорология)*.

*Агрометеорология* – это наука, изучающая метеорологические, климатические, гидрологические и почвенные условия в их взаимодействии с объектами и процессами сельскохозяйственного производства.

Терентий Семенович Мальцев отмечал: «Работа крестьянина напоминает мне шахматную партию, в которой погода имеет преимущество первого хода. Своевременный ответный ход возможен в том случае, если к нему он подготовлен».

*Объектами исследования* сельскохозяйственной метеорологии являются растения, животные и среда их обитания (возделывания), а *предметом изучения* – их взаимодействие с погодой и климатом в географическом разрезе, при условии, что организм и условия его существования рассматриваются как неразрывное целое, как единство формы и содержания [Давитая, 1964].

Агрометеорологические наблюдения (измерения) производятся в *пунктах наблюдений* – это постоянные места, где производятся наблюдения за отдельными гидрометеорологическими величинами или их комплексом, атмосферными явлениями и другими показателями состояния окружающей среды (РД 52.04.567-96). В системе Росгидромета – это *сетевая наблюдательная организация (СНО)* – организационная единица наземной сети наблюдений, осуществляющая наблюдения и руководство выполнением измерений в закрепленных пунктах, а также обработку результатов наблюдений в соответствии с программой работ (РД 52.04.567-96). Ранее подобные пункты наблюдений назывались станциями и постами, совокупность которых по той или иной территории представляла собой *сеть станций и постов*.

### **Принципы агрометеорологических наблюдений**

*Первым и основным принципом* наземных агрометеорологических наблюдений является сопряженность (параллельность) наблюдений за условиями погоды, состоянием почвы, за ростом, развитием и формированием продуктивности сельскохозяйственных культур. Этот принцип достигается тем, что наблюдения за растениями и со-

стоянием почвы проводятся, как правило, на небольшом расстоянии от метеорологической площадки. В отдельных случаях за некоторыми параметрами окружающей среды, такими как осадки, температура почвы на глубине залегания узла кущения озимых зерновых культур, глубина промерзания почвы, температура в среде растений и т.п., наблюдения проводятся непосредственно в поле.

*Вторым принципом* является сопоставимость агрометеорологических наблюдений, достигаемая едиными сроками их проведения по единым методикам, формам записи результатов и правилам обработки материалов наблюдений. Техника и сроки проведения наблюдений, порядок записи и обработки материалов изложены и регламентируются в действующих руководящих и нормативных документах.

*Третьим принципом* агрометеорологических наблюдений является выбор репрезентативных участков или полей для наблюдений, типичных для территории деятельности станции (поста). Столь же репрезентативными должны быть объекты наблюдений: отдельные растения сельскохозяйственных культур, в том числе плодово-ягодных и дикорастущих пород растений. Выбранные растения должны соответствовать средним характеристикам таковых по состоянию, высоте, фазе развития и т.п., произрастающим на наблюдательном участке или на поле.

*Четвертый принцип* требует проведения всех инструментальных наблюдений типовыми средствами измерений, поверенными метрологическими организациями Росгидромета или Госстандарта России; при этом метрологические поверки должны проводиться в определенные контрольные сроки.

*Пятый принцип* агрометеорологических наблюдений предполагает оперативную передачу результатов наблюдений и измерений (в контрольные сроки после завершения первичных данных наблюдений) в центры сбора информации – кустовые метеорологические станции, Главный радиометеорологический центр (ГРМЦ), Главный вычислительный центр (ГВЦ), центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) и др.

*Шестой принцип* предусматривает возможность сочетания при использовании данных наземных агрометеорологических наблюдений с результатами дистанционных (самолетных, космических) измерений и оценок состояния почвы и растительного покрова (состояния, фазы развития растений, биомассы и т.п.).

**К числу основных методов агрометеорологических наблюдений и исследований относятся:**

1. *Метод сопряженных (параллельных) наблюдений:* а) между состоянием, ростом, развитием и урожайностью растений и б) агрометеорологическими условиями, в которых возделываются и произрастают объекты наблюдений.

С помощью этого метода на материалах полевых (и лабораторных) наблюдений устанавливаются количественные и качественные связи между условиями погоды и состоянием, ростом, развитием и формированием продуктивности растений. Выявляются потребности растений в основных факторах среды – количестве света, тепла, влаги, питательных веществ; определяются пороговые (критические) значения этих факторов для жизнедеятельности различных культур, сортов и естественной пастбищной и сенокосной растительности.

2. *Метод учащенных сроков сева.* Агрометеорологические исследования объектов растениеводства связаны с сезонным развитием природы. Для выявления закономерностей роста и развития растений необходим многолетний ряд наблюдений. С целью ускорения периода исследований в агрометеорологии широко используется метод учащенных сроков сева изучаемых растительных объектов. При этом высеваемые растения (например, через каждые 5–10 дней, начиная с весны и до конца вегетационного периода) попадают в неодинаковые условия освещенности, тепла и влаги. Сопряженные наблюдения за метеорологическими условиями, ростом и развитием растений позволяют собрать разнообразные сведения о реакции растений на изменяющиеся условия их произрастания.

3. *Метод географических посевов* в различных почвенно-климатических зонах страны или, реже, одновременно в различных странах. Этот метод предусматривает использование идентичного посевного материала, соблюдения единообразия агротехнических приемов возделывания и методики наблюдений. Только при соблюдении этих правил различия в почвенно-климатических условиях отразятся на особенностях роста, развития и формирования урожая изучаемых растений (культур, сортов и гибридов). Метод позволяет, в частности, определить районы, наиболее благоприятные для выращивания той или иной культуры (сорта, гибрида), где она дает наиболее высокие, стабильные урожаи хорошего качества.

4. *Экспериментально-полевой метод измерений* предусматривает использование различных стационарных и передвижных камер



искусственного климата (фитотронов), газометрических экологических камер, низкотемпературных шкафов (камер), специальных камер, позволяющих изменять продолжительность светового дня теплиц, и прочих устройств, регулирующих по программам опытов агрометеорологические условия. Такие эксперименты позволяют наблюдать за реакцией растений на заданные параметры и режимы света, тепла, влаги, газового состава и питательных элементов.

5. *Метод дистанционного (неконтактного) определения параметров подстилающей поверхности* (почвы, посевов сельскохозяйственных культур, растительного покрова), фенологического состояния и плотности растений на единице площади, надземной биомассы или отдельных элементов растений – площади листьев, элементов продуктивности растений, а также за температурой и влажностью подстилающей поверхности и т.п. Этот метод измерения и исследования применяется для получения информации об изучаемых объектах на больших площадях.

6. *Картографический метод* исследования используется при составлении климатических, агроклиматических карт и атласов различных территорий, микроклиматических карт землепользования отдельных хозяйств с целью оценки агроклиматических ресурсов, проведения климатического и агроклиматического районирования, а также наиболее рационального размещения сельскохозяйственных культур и гибридов.

7. *Метод математической статистики*, позволяющий обрабатывать материалы массовых наблюдений с целью выявления надежных количественных связей роста, развития и формирования продуктивности растений с агрометеорологическими условиями.

8. *Метод физико-математического моделирования* позволяет с помощью математического аппарата и выявленных физических закономерностей среды обитания растений и физиологических процессов жизнедеятельности самих растений (фотосинтез, дыхание, водный режим и др.) описывать влияние комплекса агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование продуктивности растений, а также исследовать процессы обмена теплом, влагой и энергией в сложной и динамичной системе «почва – растение – атмосфера».

9. *Сравнительно-исторический метод* базируется на сравнении климатических, агроклиматических (агрометеорологических) условий и соответствующих характеристик сельскохозяйственного производства прошлых лет (временных периодов) с текущими или ожи-

даемыми изменениями этих условий и ожидаемым состоянием сельскохозяйственного производства. В качестве источника информации о состоянии объектов сельскохозяйственного производства в их взаимодействии с климатическими и агрометеорологическими условиями прошедших лет используются результаты прошлых наблюдений, зафиксированные в разное время в виде различных документов, например каталогов опасных явлений погоды – засух, неурожайных лет, суровых зим, их текстовых описаний, картографического материала и т.п.

### **Общие задачи агрометеорологии:**

1) изучение количественных и качественных причинно-следственных связей между погодными (гидрометеорологическими) условиями и состоянием, ростом, развитием и формированием урожайности сельскохозяйственных культур и сенокосно-пастбищной растительности;

2) изучение закономерностей формирования гидрометеорологических условий сельскохозяйственного производства в пространстве и во времени;

3) разработка методов количественной и качественной оценки влияния гидрометеорологических факторов на состояние почвы, растений, на рост, развитие и формирование продуктивности агрофитоценозов, развитие и распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур;

4) разработка всех видов агрометеорологических прогнозов;

5) разработка методов оценки, прогноза и борьбы с неблагоприятными и опасными для сельского хозяйства гидрометеорологическими явлениями, в том числе методов активного воздействия на эти явления;

6) изучение проблемы устойчивости сельскохозяйственного производства в зависимости от гидрометеорологических условий, влияния глобального изменения климата и воздействия человеческого сообщества на агрофитоценозы;

7) совершенствование всех видов агрометеорологических наблюдений и создание комплексного агрометеорологического мониторинга;

8) изучение и прогнозирование спроса на агрометеорологическую информацию в переходных условиях к рыночной экономике, популяризация агрометеорологических знаний.

## **Важнейшие задачи современной агрометеорологии**

*в области теоретических исследований:*

1) углубление количественной теории влияния гидрометеорологических условий на рост, развитие и формирование продуктивности посевов сельскохозяйственных культур и создание на этой основе нового поколения динамико-статистических моделей типа «погода – почва – урожай», «климат – почва – урожай», «погода – пастбище – животное»;

2) разработка проблемы устойчивого развития сельскохозяйственного производства в зависимости от гидрометеорологических условий, глобального изменения климата и растущего воздействия человеческого сообщества на экосистемы и агроэкосистемы;

*в области прикладных задач с целью совершенствования агрометеорологического обеспечения аграрного сектора экономики страны:*

1) создание систем комплексного агрометеорологического мониторинга оценки состояния почвы, динамики состояния и продуктивности посевов сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности, включая методы и автоматизированные технологии агрометеорологического прогнозирования урожайности и валовых сборов урожая сельскохозяйственных культур; разработка рекомендаций нового поколения по агрометеорологическому обоснованию технологий возделывания этих культур;

2) создание оперативной системы оценки агроклиматических ресурсов для составления и выдачи рекомендаций по их рациональному использованию и разработки режимно-справочных пособий; развитие методов оценки влияния изменений климата, концентрации парниковых газов и других характеристик глобальной природной среды на продуктивность агроэкосистем; разработка и выдача рекомендаций по устойчивому развитию аграрного сектора экономики и обеспечению продовольственной безопасности страны;

3) совершенствование подсистемы агрометеорологических наблюдений (и измерений) для создания комплексного агрометеорологического мониторинга, включая методы и технологии автоматизированной обработки сетевых наблюдений, обработки и интерпретации спутниковой и наземной информации, разработка новых автоматизированных, измерительных средств для сети станций, научно-методической документации и т.п.;

4) изучение и прогнозирование спроса на агрометеорологическую информацию, проведение маркетинговых исследований, а также разработку новых методов оценки экономической эффективности при использовании агрометеорологической информации в сельскохозяйственном секторе экономики.

Эти и другие задачи решаются агрометеорологической наукой и практикой с целью проведения и усовершенствования всех форм оперативного агрометеорологического обеспечения информацией аграрного сектора страны в новых условиях рыночной экономики.

В настоящее время для характеристики роста и развития растений, а также оценки агроклиматических ресурсов территории используются следующие показатели.

***Термические (температурные) условия:***

а) продолжительность теплого, вегетационного периодов и периода активной вегетации;

б) суммы среднесуточных температур воздуха и почвы за вегетационный период или его отдельные отрезки;

в) оптимальные пределы температур, необходимые для нормального роста и развития растений;

г) критические (низкие и высокие) температуры, повреждающие растения;

***Условия влагообеспеченности:***

д) суммы осадков, запасы продуктивной влаги в почве, относительные показатели увлажнения;

е) показатели, связывающие урожай с климатическими элементами (т.е. комплексные показатели тепла, влагообеспеченности и продуктивности);

***Условия освещения:***

ж) показатели интенсивности солнечной радиации и освещения в растительной среде;

***Устойчивость к неблагоприятным условиям среды:***

з) показатели холодостойкости и морозостойкости растений;

и) показатели устойчивости растений к засухе и суховеям.

# 1. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

**Что необходимо уяснить при работе с главой:**

- понятия актинометрии, солнечной радиации, инсоляции;
- виды потоков солнечной радиации;
- что выражает альбедо, как рассчитывается альбедо, значения альбедо для различных подстилающих поверхностей;
- радиационный баланс и составляющие его элементы;
- понятие ФАР, коэффициенты его использования, способы их повышения;
- приборы для измерения показателей солнечной радиации

## 1.1. Основные понятия и виды солнечной радиации

**Солнечной радиацией** называется часть лучистой энергии солнца, проникающая в земную атмосферу в виде электромагнитных волн со скоростью почти 300 000 км/с. Областью метеорологии, изучающей потоки лучистой энергии, называется *актинометрия*.

**Солнечная радиация:**

- 1) основное условие существования биосферы;
- 2) главный климатообразующий фактор.

Солнечная радиация является главной причиной разнообразных явлений погоды, так как различные процессы в атмосфере протекают за счет тепловой энергии, получаемой землей от солнца.

**Интенсивность (энергетическая освещенность)** радиации в системе СИ измеряется в **ваттах на 1 м<sup>2</sup> (Вт/м<sup>2</sup>)**, ранее до 1980 г. измерялась в калориях на 1 см<sup>2</sup> в минуту (кал/см<sup>2</sup>/мин).

**Сумма радиации**, поступающая на единицу площади за тот или иной промежуток времени, измеряется в джоулях на 1 м<sup>2</sup> (Дж/м<sup>2</sup>) или в мегаджоулях на 1 м<sup>2</sup> (МДж/м<sup>2</sup>).

Соотношение между единицами следующее:

$$1 \text{ кал/см}^2/\text{мин} = 698 \text{ Вт/м}^2 = 0,698 \text{ кВт/м}^2 = 4,2 \cdot 10^4 \text{ Дж/м}^2; \\ 0,277 \text{ кВт} = 1 \text{ мДж.}$$

Таким образом, разделив часовую сумму, выраженную в мДж/м<sup>2</sup>, на 3,6, можно получить среднюю часовую энергетическую освещенность в кВт/м<sup>2</sup>.

Солнечный свет, достигший поверхности земли, качественно неодинаков. Его **спектр** обычно подразделяют на три части:

- 1) *невидимые ультрафиолетовые лучи с длиной волны < 0,40 мкм;*
- 2) *видимые лучи (0,40–0,75 мкм или 400–750 нм);*
- 3) *невидимые инфракрасные лучи с длиной волны > 0,75 мкм.*

Интенсивные **потоки ультрафиолетовой радиации** оказывают сильное биологическое воздействие на живые организмы. Ультрафиолетовая радиация воздействует преимущественно на ростовые процессы растений, замедляя их. Например, растения, развивающиеся в парниках и теплицах, быстрее вытягиваются в высоту по сравнению с таковыми, выращиваемыми в открытом поле. Это происходит благодаря тому, что прозрачные покрытия (пленки, стекло) снижают проникновение ультрафиолета внутрь теплиц.

**Ближняя инфракрасная радиация** ( $\lambda = 0,71 - 4,00$ ), активно поглощаемая водой листьев и стеблей растений, оказывает существенное тепловое воздействие на рост и развитие растений.

**Дальняя инфракрасная радиация** ( $\lambda \geq 4,00$ ) оказывает только тепловое влияние на растения, ее воздействие на рост и развитие растений несущественно. На интервал длин волн от 0,1 до 4 мкм приходится 99 % всей излучаемой энергии, что позволяет считать солнечную радиацию практически полностью коротковолновой. До земной поверхности солнечная радиация доходит в виде потоков прямой и рассеянной радиации. Отсюда выделяют следующие **виды солнечной радиации** (рис. 1):

1) **коротковолновая** (0,1–4 мкм):

- а) прямая;
- б) рассеянная;
- в) суммарная;
- г) отраженная;

2) **длинноволновая** (4–100 мкм).



Рисунок 1 – Виды солнечной радиации

## **КОРОТКОВОЛНОВАЯ РАДИАЦИЯ (0,1–4 мкм)**

1. **Прямая (S)** – поток параллельных лучей, поступающих непосредственно от видимого диска солнца на поверхность, перпендикулярную падающим лучам. Именно прямая радиация формирует климат!!! Почему?

Чем ближе угол падения солнечных лучей к нулевому, тем жарче будет климат: слово «климат» от греч. – «угол», т.е. угол падения солнечных лучей (рис. 2).

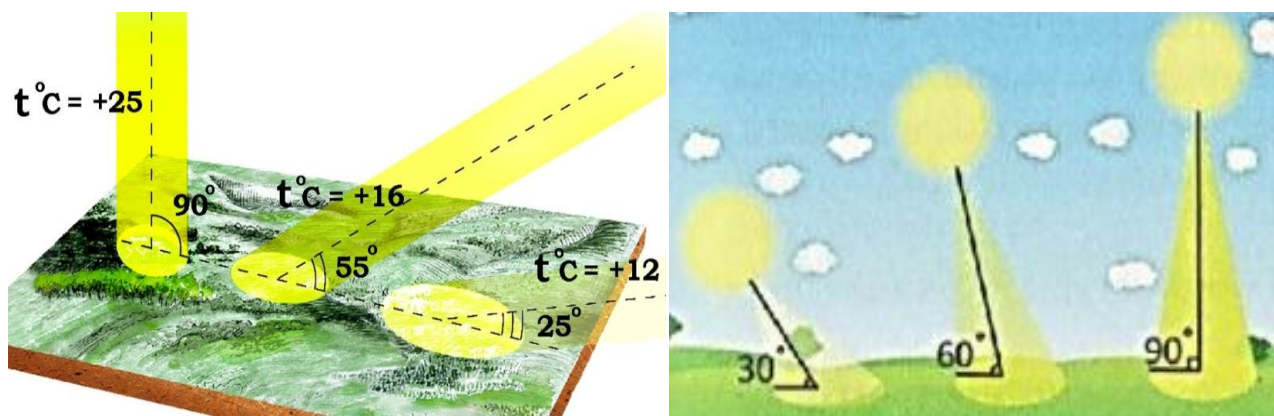


Рисунок 2 – Влияние угла падения солнечных лучей на формирование климата

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

Интенсивность инсоляции вычисляется по формуле

$$S' = S_{90} \cdot \sin h_0,$$

где  $S'$  – солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, и количество тепла, получаемое ею, Вт/м<sup>2</sup>;

$S_{90}$  – приход солнечной радиации на поверхность, расположенную перпендикулярно к лучам, Вт/м<sup>2</sup>;

$h_0$  – синус высоты солнца.

С уменьшением угла падения количество радиации, приходящей на единицу поверхности, уменьшается. При положении солнца в зените  $S' = S_{90}$ .

В целом количество прямой солнечной радиации и ее распределение по земной поверхности зависят от широты, прозрачности атмосферы и облачности.

2. **Рассеянная, или диффузная (D)** – часть солнечной радиации, дошедшая до поверхности земли после рассеивания атмосферой и отражения от облаков, частиц, молекул газов, окружающих предметов.

**3. Суммарная радиация (Q)** – общий приход прямой и рассеянной радиаций, поступающих на горизонтальную поверхность

$$Q = S' + D,$$

где Q – суммарная радиация;

S' – прямая радиация (инсоляция);

D – рассеянная радиация.

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

**4. Отраженная (Rк)** – часть суммарной радиации, отраженной от земной поверхности.

*Величина отражения* солнечной радиации земной поверхностью зависит от характера этой поверхности. Количественно отражательную способность поверхности характеризует величина **альбедо**.

**Альбедо** – отношение количества отраженной радиации к общему потоку суммарной радиации, падающей на данную поверхность

$$A_k (A) = R_k / Q;$$

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

**Величина альбедо** выражается в долях единицы или в процентах и зависит от цвета и шероховатости поверхностей (табл. 1). Темные и шероховатые поверхности имеют меньшее альбедо, чем светлые и гладкие. Например, поверхность свежеснежного снега отражает до 90 %, а черноземной почвы 7–10 %.

Таблица 1 – Альбедо естественных поверхностей

Вид поверхности	A
Свежий сухой снег	0,85–0,95
Загрязненный снег	0,4–0,5
Черноземная почва	0,05–0,15
Влажная серая почва	0,1–0,2
Сухая серая почва	0,2–0,35
Сухая песчаная почва	0,35–0,4
Поля ржи и пшеницы	0,1–0,25
Картофельные поля	0,15–0,25
Луга	0,15–0,25
Лиственные леса	0,15–0,2

Таким образом, потоки солнечной радиации можно представить в виде следующих выражений:

– отраженная радиация:  $(S \times \sin h_0 + D) \cdot A$ ;

– поглощенная радиация:  $(S \times \sin h_0 + D) \cdot (1-A)$ .



## **ДЛИННОВОЛНОВАЯ (4–100 мкм)**

Земная поверхность и атмосфера, нагреваясь за счет поглощения солнечной радиации и процессов нерадиационного теплообмена, сами также излучают энергию. Это излучение называется **собственным излучением земли** ( $E_s$ ) и **встречным излучением атмосферы** ( $E_a$ ).

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

$$E_{\text{эф}} = E_s - E_a.$$

### **1.2. Радиационный баланс и составляющие его элементы**

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

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

**Расходная часть** складывается из отраженной радиации ( $R_k$ ) и собственного излучения земли ( $E_e$ ).

Уравнение радиационного баланса земной поверхности можно записать в следующем виде:

$$B = (S \times \sin h_0 + D) \cdot (1 - A) - E_{\text{эф}} \text{ или } B = Q - R_k - E_{\text{эф}}.$$

$$\text{Для ночного времени: } B = E_a - E_s \text{ или } B = -E_{\text{эф}}.$$

Также можно представить количество поглощенного тепла (коротковолновой радиации) как  $B = Q - R_k$ .

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

**Радиационный баланс днем обычно положителен, а ночью – отрицателен.** Переход от положительных значений радиационного баланса к отрицательным происходит, как правило, за 1–2 часа до захода солнца, а обратный через 1 час после его восхода.

Учет составляющих радиационного баланса может использоваться при возделывании сельскохозяйственных культур.

Например:

○ максимально высокие урожаи, по расчетам А.А. Ничипорович, возможны при общей площади листового покрова 40–50 тыс. м<sup>2</sup>/га, когда приход солнечной радиации наибольший;

○ созревание урожая на южных склонах, где количество радиации выше, наступает в среднем на 7–10 дней раньше, чем на северных склонах;

○ зачернение снега измельченным торфом или снегосгонка уменьшают альбедо подстилающей поверхности и тем самым увеличивают ее прогрев;

○ созданные на основе «оранжерейного эффекта» теплицы и парники уменьшают эффективное излучение и сохраняют тепло земли.

Знание радиационного режима сельскохозяйственных угодий позволяет рассчитывать количество радиации, поглощенной посевами и почвой, в зависимости от высоты солнца, структуры посева, фазы развития растений. Данные о режиме необходимы и для оценки разных приемов регулирования температуры и влажности почвы, испарения, от которых зависят рост и развитие растений, формирование урожая, его количество и качество.

### **1.3. Фотосинтетически активная радиация и пути ее рационального использования**

Для формирования урожая и в целом продукционного процесса важно, что часть прямой и отраженной радиации участвует в процессах фотосинтеза растений.

**Фотосинтетически активная радиация (ФАР)** – лучистая энергия солнца, затрачиваемая на образование органического вещества растений в диапазоне волн от 0,38 до 0,71 мкм (от 380 до 710 нм).

На эту радиацию приходится около 50 % всей солнечной радиации, достигающей деятельной поверхности. Однако только 1–3 % от ФАР накапливается в виде продуктов фотосинтеза.

По данным Е.В. Шеина, В.М. Гончарова (2006), поступающая на растение радиация важна по трем причинам:

1) скорость фотосинтеза тесно связана с количеством фотосинтетически активной радиации (ФАР);

2) температура растения определяет скорость потребления и выделения радиации;

3) фотоморфологические реакции растений определяются потреблением радиационной (солнечной) энергии в специфических длинах волн.

ФАР является одним из важнейших факторов продуктивности растений, в том числе возделываемых культур. Знание о распределе-

нии ФАР, поступающей на посевы, во времени и пространстве имеет большое практическое значение. Интенсивность ФАР измеряют инструментально, но чаще пользуются расчетами по данным измеренных величин прихода прямой, рассеянной или суммарной радиации

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

где  $\Sigma Q_{\text{ФАР}}$  – суммарная фотосинтетически активная радиация (Дж/м<sup>2</sup>);

$\Sigma S'$  – сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Дж/м<sup>2</sup>;

$\Sigma D$  – сумма рассеянной солнечной радиации, Дж/м<sup>2</sup>.

Для приближенного расчета ФАР используют также данные о суммарной радиации с коэффициентом 0,52

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

Растения неравномерно используют ФАР на протяжении всего периода вегетации. Поэтому эффективность использования ФАР различна. В связи с этим был предложен показатель «**коэффициент использования ФАР**» (**КИ<sub>ФАР</sub>**), который отражает эффективность использования растения фотосинтетически активной радиации. Этот показатель является отношением количества энергии, запасенной в урожае, к поступившей за период формирования урожая энергии в виде ФАР

$$\text{КИ}_{\text{ФАР}} = (U \cdot Y / \Sigma Q_{\text{ФАР}}) \cdot 100,$$

где  $U$  – удельная теплота сгорания (калорийность) растительных веществ, кДж/г (МДж/т);

$Y$  – урожай сухой фитомассы, кг/м<sup>2</sup>,

$\Sigma Q_{\text{ФАР}}$  – сумма ФАР, поступающая на посевы за период вегетации, МДж/м<sup>2</sup>.

Коэффициент использования ФАР (**КИ<sub>ФАР</sub>**) в агроценозах, как показывают исследования, составляет не более 1–3 %, хотя теоретически возможно использование 6–8 %. В естественных фитоценозах он варьирует в зависимости от вида растений и условий среды от 0,1 до 12,5 %.

**КИ<sub>ФАР</sub>** зависит:

- от срока, способа и густоты посева;
- обеспеченности влагой;
- количества внесенных удобрений, уровня агротехники, погодных условий.

Необходимо учитывать, что растения сами способны формировать ФАР в растительном покрове. Это достигается благодаря:

- расположению листьев по направлению к солнечным лучам;
- поворотам листьев;
- распределению листьев различного размера;
- углу наклона на разных уровнях фитоценоза.

Перечисленное принято называть **архитектурой растительного покрова**. В растительном покрове солнечные лучи многократно преломляются, отражаются от листовой поверхности, тем самым формируя свой внутренний радиационный режим посевов.

Спектральный состав рассеянной радиации облачного неба в целом аналогичный спектральному составу прямой радиации. Следовательно, для продукционного процесса, формирования ФАР рассеянная радиация имеет такое же значение, как и прямая. Кроме того, спектральный состав «солнечных бликов», отраженных от листьев лучей в растительном покрове, признают аналогичным спектральному составу солнечной радиации над растительным покровом. Следовательно, и рассеянная внутри растительного покрова радиация имеет такое же фотосинтетическое значение, как и поступающая на поверхность растительного покрова прямая и рассеянная.

**Ведущая роль фотосинтеза в питании растений**, по А.А. Ничипоровичу, показана следующими экспериментальными данными. В период наиболее интенсивного роста суточные приросты общей сухой массы на 1 га посевов составляют 80–150 кг, а в лучших случаях 300–500 кг. При этом в течение суток растения через корни усваивают в виде ионов: 1–2 кг азота; 0,1–0,5 кг фосфора; 2–4 кг калия; 2–4 кг других элементов. Всего 5–10,5 кг минеральных веществ. В то же время растение усваивает в течение дня из воздуха, через листья 150–300 и даже 1000 кг  $\text{CO}_2$ , т.е. количество, соответствующее содержанию  $\text{CO}_2$  над гектаром поля в слое воздуха высотой 30–60 м.

**Длина светового дня.** По реакции на длину светового дня (фотопериодизм) полевые культуры делят на растения длинного и короткого дня. У растений длинного дня (пшеница, рожь, ячмень, овес, горох и др.) нормальное цветение, оплодотворение и созревание происходят при длинном дне (14–16 часов – до 22 июня), а у растений короткого дня (просо, кукуруза, сорго, подсолнечник и др.) – при коротком дне (10–12 часов – после 22 июня). У этих групп растений накопление и перемещение углеводов происходят по-разному – у растений длинного дня они идут интенсивнее на длинном дне, главным образом в дневные часы, а у растений короткого дня – на умеренно

коротком дне в ночные часы. Существуют и фотопериодически нейтральные растения (фасоль обыкновенная, нут, гречиха и др.).

**Световые зоны РФ Госреестра селекционных достижений.** На территории России наблюдается в основном широтное распределений суммарной солнечной радиации: суммы убывают по мере продвижения с юга на север. Для нормального роста и развития растений имеет значение главным образом коротковолновое излучение, поглощаемое пигментами пластид.

Это фотосинтетическая активная радиация – ФАР.

Отечественными учеными проведено зонирование территории страны по притоку естественной ФАР, проникающей в теплицы в осенне-зимний период. В соответствии с вычисленными месячными суммами суммарной ФАР в декабре – январе (самые критические месяцы по притоку радиации) все районы страны разбиты на 7 световых зон по возрастающей степени (т.е. по сумме ФАР) (прил. 1).

### ***Лабораторная работа 1***

#### ***Оценка радиационных ресурсов исследуемой территории***

##### **Вариант 1**

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ , кВт/м<sup>2</sup>), если  $h_0 = 19$  ( $\sin h_0$ , прил. 2);  $S = 0,80$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,07$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{эф} = 0,1$ ;  $A = 18$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации ячменя  $S = 0,84$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,14$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $32^\circ$ .

3. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_0 = 25$  ( $\sin h_0$ , прил. 2);  $S = 0,79$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,11$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{эф} = 0,08$  кВт/м<sup>2</sup>;  $A = 37$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

##### **Вариант 2**

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_0 = 59$  ( $\sin h_0$ , прил. 2);  $S = 0,82$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,14$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{эф} = 0,09$ ;  $A = 21$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Найдите радиационный баланс травы, имеющей альбедо  $A = 20 \%$ , если прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность  $S = 0,54 \text{ кВт/м}^2$ , рассеянная  $D = 0,14 \text{ кВт/м}^2$ , эффективное излучение  $E_{\text{эф}} = 0,10 \text{ кВт/м}^2$ , а  $h_o = 35$ .

3. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации яровой пшеницы  $S = 0,91 \text{ кВт/м}^2$ , рассеянной  $D = 0,15 \text{ кВт/м}^2$ , средняя высота солнца над горизонтом  $39^\circ$ . Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 3

1. Рассчитайте радиационный баланс (В), если  $h_o = 59$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,81 \text{ кВт/м}^2$ ;  $D = 0,13 \text{ кВт/м}^2$ ;  $E_{\text{эф}} = 0,09$ ;  $A = 19 \%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Высота солнца  $45^\circ$  ( $\sin h_o$ , прил. 2), инсоляция при перпендикулярном падении лучей  $S' = 1400 \text{ Вт/м}^2$ , рассеянная радиация составляет  $20 \%$  от  $S'$ , эффективное излучение  $E_{\text{эф}} = 57 \text{ Вт/м}^2$ . Определите радиационный баланс картофельного поля, если  $A = 20 \%$ . Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

3. Чему равно альбедо, если величина прямой солнечной радиации, измеренная актинометром,  $S = 200 \text{ Вт/м}^2$ , высота солнца над горизонтом  $30^\circ$ , рассеянная радиация  $D = 100 \text{ Вт/м}^2$ , отраженная радиация  $R = 50 \text{ Вт/м}^2$ ? Перечислите способы регулирования альбедо в агроландшафтах.

### Вариант 4

1. Рассчитайте радиационный баланс (В), если  $h_o = 41$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,84 \text{ кВт/м}^2$ ;  $D = 0,1 \text{ кВт/м}^2$ ;  $E_{\text{эф}} = 0,08$ ;  $A = 16 \%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. При высоте солнца  $30^\circ$  поток прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность  $S = 0,84 \text{ кВт/м}^2$ , а поток рассеянной  $D = 0,11 \text{ кВт/м}^2$ . Определите, какое количество тепла поглощается поверхностью сухой травы ( $A = 19 \%$ ).

3. Чему равно альбедо, если величина прямой солнечной радиации, измеренная актинометром,  $S = 175 \text{ Вт/м}^2$ , высота солнца над го-

ризонтом  $25^\circ$ , рассеянная радиация  $D = 130 \text{ Вт/м}^2$ , отраженная радиация  $R = 45 \text{ Вт/м}^2$ ? Перечислите способы регулирования альbedo в агроландшафтах.

### Вариант 5

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 62$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,83 \text{ кВт/м}^2$ ;  $D = 0,13 \text{ кВт/м}^2$ ;  $E_{\text{эф}} = 0,08$ ;  $A = 22 \%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Чему равно альbedo, если величина прямой солнечной радиации, измеренная актинометром,  $S = 200 \text{ Вт/м}^2$ , высота солнца над горизонтом  $30^\circ$ , рассеянная радиация  $D = 100 \text{ Вт/м}^2$ , отраженная радиация  $R = 50 \text{ Вт/м}^2$ ? Перечислите способы регулирования альbedo в агроландшафтах.

3. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации овса  $S = 780 \text{ Вт/м}^2$ , рассеянной  $D = 355 \text{ Вт/м}^2$ , средняя высота солнца над горизонтом  $25^\circ$ .

### Вариант 6

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 38$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,82 \text{ кВт/м}^2$ ;  $D = 0,1 \text{ кВт/м}^2$ ;  $E_{\text{эф}} = 0,09$ ;  $A = 16 \%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Определите отраженную радиацию ( $R$ ) от поверхности пшеничного поля ( $A = 20 \%$ ), если суммарная радиация  $Q = 0,96 \text{ кВт/м}^2$ . Перечислите способы регулирования альbedo в агроландшафтах.

3. Каков радиационный баланс поверхности песчаной почвы ( $A = 35 \%$ ), если интенсивность солнечной радиации –  $S' = 0,85 \text{ кВт/м}^2$ , рассеянной радиации  $D = 0,2 \text{ кВт/м}^2$ , а величина эффективного излучения  $E_{\text{эф}} = 0,10 \text{ кВт/м}^2$ ? Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 7

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 57$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,82 \text{ кВт/м}^2$ ;  $D = 0,16 \text{ кВт/м}^2$ ;  $E_{\text{эф}} = 0,08$ ;  $A = 26 \%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в  $\text{мДж/м}^2$ . Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

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

3. Вычислите радиационный баланс поверхности почвы, покрытой зеленой травой ( $A = 26\%$ ) на метеорологической площадке, если величина инсоляции горизонтальной поверхности  $S' = 1,1$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянная радиация  $D = 0,20$  кВт/м<sup>2</sup>, а эффективное излучение  $E_{\text{эф}} = 0,16$  кВт/м<sup>2</sup>. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 8

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 11$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,55$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,63$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,09$ ;  $A = 60\%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за четыре месяца вегетации томата  $S = 0,94$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,29$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $45^\circ$ .

3. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 59$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,87$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,12$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,1$ ;  $A = 21\%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 9

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 13$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,64$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,07$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,08$ ;  $A = 13\%$ . Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации ячменя  $S = 0,62$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,31$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $22^\circ$ .

3. Найдите радиационный баланс в сухой степи, имеющей альбедо  $A = 30\%$ , если прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность  $S = 0,43$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянная  $D = 0,22$  кВт/м<sup>2</sup>, эффектив-



ное излучение  $E_{\text{эф}}=0,125$  кВт/м<sup>2</sup>. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 10

1. Рассчитайте радиационный баланс (В), если  $h_o = 47$  (sin  $h_o$ , прил. 2);  $S = 0,85$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,14$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,1$ ;  $A = 23$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Рассчитайте радиационный баланс (В), если  $h_o = 15$  (sin  $h_o$ , прил. 2);  $S = 0,66$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,07$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,11$ ;  $A = 17$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

3. Чему равно альbedo, если величина прямой солнечной радиации, измеренная актинометром,  $S = 0,333$  кВт/м<sup>2</sup>, высота солнца над горизонтом  $23^\circ$  (sin  $h_o$ , прил. 2), рассеянная радиация  $D = 0,17$  кВт/м<sup>2</sup>, отраженная радиация  $R = 40$  кВт/м<sup>2</sup>? Перечислите способы регулирования альbedo в агроландшафтах.

### Вариант 11

1. Рассчитайте радиационный баланс (В), если  $h_o = 52$  (sin  $h_o$ , прил. 2);  $S = 0,82$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,13$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,1$ ;  $A = 24$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации кукурузы  $S = 0,790$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,275$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $29^\circ$ .

3. Интенсивность прямой солнечной радиации  $S = 0,9$  кал/см<sup>2</sup>мин, интенсивность рассеянной радиации  $D = 0,75$  кал/см<sup>2</sup>мин. Сколько калорий отражает и сколько поглощает поверхность чистого снега, если наблюдения проводились при высоте солнца  $50^\circ$  (альbedo снега – 0,65).

### Вариант 12

1. Рассчитайте радиационный баланс (В), если  $h_o = 17$  (sin  $h_o$ , прил. 2);  $S = 0,73$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,08$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,08$ ;  $A = 43$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 52$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,80$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,13$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,08$ ;  $A = 18$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых.

3. Чему равно альбедо, если величина прямой солнечной радиации, измеренная актинометром,  $S = 0,577$  кВт/м<sup>2</sup>, высота солнца над горизонтом  $13^\circ$ , рассеянная радиация  $D = 0,230$  кВт/м<sup>2</sup>, отраженная радиация  $R = 0,27$  кВт/м<sup>2</sup>? Перечислите способы регулирования альбедо в агроландшафтах.

### Вариант 13

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 30$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,82$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,08$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,09$ ;  $A = 37$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 60$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,81$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,13$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,1$ ;  $A = 26$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

3. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации кукурузы  $S = 0,955$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,115$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $47^\circ$ .

### Вариант 14

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 57$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,83$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,13$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,1$ ;  $A = 22$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 44$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,83$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,13$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,09$ ;  $A = 30$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

3. Интенсивность прямой солнечной радиации  $S = 1,7$  кал/см<sup>2</sup>мин, интенсивность рассеянной радиации  $D = 0,25$  кал/см<sup>2</sup>мин. Сколько калорий отражает и сколько поглощает поверхность хвойного леса, если наблюдения проводились при высоте солнца  $37^\circ$  ( $A_{\text{хвойного леса}} = 15$  %).

### Вариант 15

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 27$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,43$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,11$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{эф} = 0,08$ ;  $A = 13$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Определите отраженную радиацию ( $R$ ) от поверхности поля озимой ржи ( $A = 16$  %), если суммарная радиация  $Q = 1,12$  кВт/м<sup>2</sup>. Перечислите способы регулирования альбедо в агроландшафтах.

3. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации ячменя  $S = 0,69$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,41$  Вт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $29^\circ$ .

### Вариант 16

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 26$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,99$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,05$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{эф} = 0,12$ ;  $A = 24$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации ячменя  $S = 0,91$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,11$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $22^\circ$ .

3. Вычислите радиационный баланс поверхности почвы, покрытой зеленой травой ( $A = 17$  %) на метеорологической площадке, если величина инсоляции горизонтальной поверхности  $S' = 1,08$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянная радиация  $D = 0,24$  кВт/м<sup>2</sup>, а эффективное излучение  $E_{эф} = 0,13$  кВт/м<sup>2</sup>.  $h_o = 18$ . Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 17

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 41$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,39$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,26$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{эф} = 0,06$ ;  $A = 32$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за четыре месяца вегетации перца  $S = 0,83$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,12$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $61^\circ$ .

3. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 35$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,72$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,16$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,09$  кВт/м<sup>2</sup>;  $A = 17$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 18

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 25$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,44$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,73$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,13$ ;  $A = 35$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации ячменя  $S = 0,71$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,48$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $29^\circ$ .

3. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации яровой пшеницы  $S = 1,16$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,09$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $28^\circ$ . Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

### Вариант 19

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 20$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,39$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,17$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,14$ ;  $A = 28$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 35$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,98$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,03$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,01$ ;  $A = 13$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

3. Чему равно альбедо, если величина прямой солнечной радиации, измеренная актинометром,  $S = 156$  Вт/м<sup>2</sup>, высота солнца над горизонтом  $30^\circ$ , рассеянная радиация  $D = 68$  Вт/м<sup>2</sup>, отраженная радиация  $R = 30$  Вт/м<sup>2</sup>? Перечислите способы регулирования альбедо в агроландшафтах.

## Вариант 20

1. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 64$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,33$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,4$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,12$ ;  $A = 38$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

2. Вычислите сумму фотосинтетически активной радиации, если среднее значение прямой солнечной радиации за три месяца вегетации кукурузы  $S = 0,860$  кВт/м<sup>2</sup>, рассеянной  $D = 0,344$  кВт/м<sup>2</sup>, средняя высота солнца над горизонтом  $43^\circ$ .

3. Рассчитайте радиационный баланс ( $B$ ), если  $h_o = 50$  ( $\sin h_o$ , прил. 2);  $S = 0,66$  кВт/м<sup>2</sup>;  $D = 0,17$  кВт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{эф}} = 0,06$ ;  $A = 41$  %. Вычисления проводите с точностью до сотых. Переведите результат в мДж/м<sup>2</sup>. Сделайте вывод: положительный или отрицательный радиационный баланс.

## 2. ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

### Что необходимо уяснить при работе с главой:

- понятие и значение активных и эффективных температур. Знать не только их назначение, но и уметь подсчитывать для практических целей;
- приборы для измерения температуры воздуха на метеостанциях и постах;
- особенности суточного и годового хода температуры воздуха, внимательно рассмотреть причины, влияющие на величину амплитуды температурных колебаний; изучить условия нагревания и охлаждения приземного слоя воздуха, в котором живут и развиваются растения и животные; уяснить влияние рельефа, экспозиции склонов и растительности на температуру воздуха;
- зависимость температуры воздуха от характера подстилающей поверхности (почва обнаженная, покрытая растительностью или снежным покровом, влажная, сухая, поверхность водоемов и т.п.);
- методы оценки обеспеченности сельскохозяйственных культур теплом с учетом потребности в тепле каждой сельскохозяйственной культуры;
- тепловой режим разных участков сельскохозяйственных полей зависит от местных условий и может значительно различаться, так как нагревание и охлаждение различных участков протекает неодинаково

### 2.1. Основные показатели теплообеспеченности растений

Сведения о термических (тепловых) ресурсах вегетационного периода растений необходимы для решения самых разнообразных вопросов сельскохозяйственного производства: определения сроков сева и созревания, оптимизации сортового и видового состава возделываемых сельскохозяйственных культур, оценки вероятности повреждения растений высокими и низкими температурами и т. д.

Доступные для растений тепловые ресурсы во многом определяются ходом температуры воздуха и почвы, фиксируемых для различных периодов. Для оценки термических ресурсов в агрометеорологии применяют следующие основные показатели:

- *суммы среднесуточных значений температуры воздуха за период календарного года с температурой, превышающей 0, 5 и 10 °С (для Красноярского региона – сумма активных температур);*
- *даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0, 5 и 10 °С весной и осенью;*
- *продолжительность периодов календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0 (теплый), 5 (вегетационный) и 10 °С (период активной вегетации);*
- *средняя температура самого холодного и самого теплого месяцев календарного года.*

Температура воздуха и почвы является важнейшим фактором жизнедеятельности растений, которые могут развиваться только в определенном диапазоне температур. Каждое растение имеет свой:

- *температурный минимум* (биологический нуль), ниже которого оно перестает вегетировать;
- *температурный оптимум*, соответствующий максимальной продуктивности растений;
- *температурный максимум*, за пределами которого растение существовать не может.

Для большинства сельскохозяйственных культур *биологическим нулем* является 5 °С (зерновые), для более теплолюбивых культур (например: сорго, рис, фасоль, хлопчатник) 10 °С. Температурный максимум для значительного реестра культур составляет 30–35 °С.

Информативной характеристикой тепловых ресурсов территории является показатель *суммы среднесуточных температур воздуха* за определенный промежуток времени. Во многих климатических и агроклиматических справочниках и атласах приводятся значения, определяемые датами устойчивого перехода среднесуточных температур через 0, 5, 10, 15 °С в сторону повышения весной и понижения – осенью. Соответственно, принято выделять следующие **агроклиматические периоды**:

- *теплый* – период между датами устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С весной и осенью;
- *вегетационный* – период между датами устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С весной и осенью;
- *период активной вегетации* – период между датами устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 10 °С весной и осенью.

Потребность растений в тепле обычно выражают суммами активных или эффективных температур.

## **2.2. Оценка обеспеченности сельскохозяйственных растений теплом**

*Активная температура* – показатель, характеризующий количество тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха или почвы, превышающий определенный порог: 0, 5, 10 °С.

*Сумма активных температур* – показатель, выражающийся суммой средних суточных температур воздуха или почвы, превы-

шающих установленный для определенного периода развития растений уровень (обычно рассчитывается как сумма среднесуточных температур  $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Применение сумм активных температур воздуха в качестве агрометеорологического показателя обосновал Г.Т. Селянинов. Он указывал: «Сумма температур за вегетационный период или за какую-либо часть его можно рассматривать как приближенный интеграл всех воздействий термического фактора на растение за период вегетации ...». Позднее М.И. Будыко (1971) и другие исследователи дали физическое обоснование применения сумм активных температур воздуха выше  $5$  и  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в агроклиматологии, установив тесную зависимость этого показателя с радиационным балансом земной поверхности и суммарной солнечной радиацией, выраженных в калориях или джоулях.

Однако суммы активных температур воздуха не всегда отражают уровень теплообеспеченности растений. Установлено, что при одной и той же сумме активных температур в различных географических зонах складываются неодинаковые условия в связи с различиями в суммах среднедневных и средненочных температур в период, когда температура дня и ночи выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Особенности термического режима дня и ночи имеют физиологическое значение, поскольку продуктивность растений (в том числе сельскохозяйственных культур) определяется количественным соотношением двух процессов – фотосинтеза и дыхания, протекающих в растениях в различные по условиям освещенности и продолжительности светлые и темные часы суток. При одной и той же средней суточной температуре воздуха могут наблюдаться различные сочетания средних дневных и средних ночных температур.

### **Поправка суммы активных температур на широту местности**

Биологические суммы температур для некоторых, наиболее распространенных сельскохозяйственных культур, рассчитанные для  $55^{\circ}$  с.ш., приведены в таблице 2. С изменением широты потребность культур в тепле изменяется в среднем на  $10\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$  на  $1^{\circ}$  широты.



Таблица 2 – Потребность сельскохозяйственных культур в тепле для достижения технической спелости

Культура	Температура, °С		Биологическая сумма температур, °С	Поправка на 1° широты, °С
	начала роста	созревания		
Яровая пшеница	5	10	1400–1700	–20
Овес	5	10	1250–1550	–20
Ячмень	5	10	1250–1450	–15
Озимая рожь	5	10	1300–1400	–30
Горох	5	10	1250–1550	–8
Подсолнечник	8	10	1850–2300	0
Кукуруза	10	10	2200–2900	0
Гречиха	7	10	1200–1400	0
Фасоль	12	12	1500–1900	0
Картофель	10	–	1000–2000	0
Сорго	12	10	2400–2900	10
Просо	10	10	1570–1875	15
Соя	10	10	2140–3060	10

При использовании данных этой таблицы для растений, возделываемых на других широтах, вводят соответствующую поправку. Для **растений длинного дня** (пшеница, рожь, ячмень, овес, морковь, свекла, лук, картофель, капуста) поправка имеет отрицательный знак. С продвижением данного растения к северу от 55° с.ш. его биологическую сумму температур необходимо уменьшить на соответствующее значение с учетом разности широт. Например, для яровой пшеницы (раннеспелой) биологическая сумма температур равна 1400 °С. Поправка на 1° широты равна –20 °С. Следовательно, для 59° с.ш. знак поправки следует изменить на противоположный.

Для **растений короткого дня** (просо, соя, перец, баклажаны, помидоры, огурцы, кукуруза, подсолнечник) поправка имеет положительный знак. С продвижением данной культуры к северу от 55° с.ш. биологическая сумма должна быть увеличена на определенное число в соответствии с разностью широт. Так как культуры короткого дня с продвижением к югу ускоряют свое развитие, их биологическую сумму в таких случаях следует уменьшить. Для **растений, нейтральных** (гречиха) к длине дня, поправка на широту равна 0 °С.

Полное развитие растений происходит при накоплении определенного количества тепла. В таблице 3 приведены значения активных температур, необходимых для развития основных сельскохозяйственных культур.

Таблица 3 – Потребность сельскохозяйственных культур, возделываемых в Красноярском крае, в сумме активных температур

Культура	Скороспелость сортов	Биологическая сумма температур, °С
Яровая пшеница (мягкая)	Раннеспелые	1300
	Среднеспелые	1500
	Позднеспелые	1700
Ячмень	Раннеспелые	1150
	Среднеспелые	1300
	Позднеспелые	1400
Овес	Раннеспелые	1250
	Среднеспелые	1400
	Позднеспелые	1500
Озимая рожь	Раннеспелые	1300
	Среднеспелые	1350
	Позднеспелые	1400
Кукуруза: посев-выметывание посев-созревание	Раннеспелые	1300
	Среднеспелые	1900
	Позднеспелые	2200
Горох	Раннеспелые	1100
	Среднеспелые	1350
	Позднеспелые	1550
Просо	Раннеспелые	1400
Гречиха	Раннеспелые	1200
	Среднеспелые	1300
	Позднеспелые	1400
Картофель	Раннеспелые	1200
	Среднеспелые	1500
	Позднеспелые	1800
Соя	Раннеспелые	2000
	Среднеспелые	2500
Рапс	Раннеспелые	2200
	Среднеспелые	2700
Подсолнечник	Раннеспелые	1600
	Среднеспелые	2000
	Позднеспелые	2300

На большей части сельскохозяйственных районов России в отдельные годы суммы активных температур могут отклоняться на  $\pm 400-600$  °С. Поэтому в годы с большим недобором тепла некоторые культуры не успевают завершить свою вегетацию, в такие годы необходимо высевать более скороспелые культуры (сорта, гибриды). При большой положительной аномалии тепла целесообразно расширение посевов пожнивных культур или более теплолюбивых сортов.

**Суммы эффективных температур.** Для характеристики обеспеченности культуры теплом в агроклиматической практике исполь-

зуют показатели за отдельные межфазные периоды развития растений или за декады, месяцы, сезоны – эффективные температуры.

**Суммой эффективных температур** называется показатель, выраженный суммой средних суточных температур воздуха или почвы, уменьшенных на величину биологического минимума культуры.

Например, для полноценного развития зерновых культур от фазы колошения до восковой спелости должно накопиться следующее количество сумм эффективных температур (табл. 4).

Таблица 4 – Сумма эффективных среднесуточных температур для периода развития сельскохозяйственных культур от колошения до восковой спелости

Культура	Сумма эффективных температур, > 5 °С
Озимая рожь (все сорта)	540
Озимая пшеница	490
Яровая пшеница (в зависимости от сорта)	450–540
Овес	430
Ячмень	390

Также информативной характеристикой термического режима исследуемой территории является **средняя многолетняя температура самого теплого** (обычно это июль) и **самого холодного (январь) месяца года**, часто используемая в качестве показателя сельскохозяйственных возможностей района (табл. 5).

Таблица 5 – Средние показатели теплообеспеченности самого теплого и холодного месяцев по административным районам Красноярского края

Административный район	Средняя температура воздуха за июль, °С	Средняя температура воздуха за январь, °С
1	2	3
Богучанский	23	–24,4
Кежемский	23	–27,4
Мотыгинский	23	–22,4
Бирилюсский	22	–18,0
Большеулуйский	22	–17,8
Енисейский	22	–22,0
Казачинский	22	–20,8
Козульский	22	–20,
Пировский	22	–20,3

1	2	3
Тюхтетский	22	-17,6
Тасеевский	23	-17,0
Березовский	21	-18,0
Большемуртинский	23	-20,8
Емельяновский	22	-18,2
Манский	22	-18,0
Сухобузимский	23	-21,0
Ачинский	22	-17,7
Боготольский	22	-17,4
Назаровский	22	-18,7
Балахтинский	22	-21,5
Новоселовский	23	-19,7
Ужурский	22	-19,5
Шарыповский	22	-16,0
Абанский	23	-20,6
Дзержинский	23	-21,6
Иланский	23	-20,3
Ирбейский	22	-20,4
Канский	23	-20,2
Нижнеингашский	22	-20,5
Партизанский	22	-20,7
Рыбинский	22	-18,1
Саянский	22	-18,6
Уярский	22	-18,6
Ермаковский	24	-18,9
Идринский	23	-18,8
Каратузский	23	-18,5
Курагинский	23	-21,1
Краснотуранский	23	-18,6
Минусинский	24	-20,8
Шушенский	24	-18,7

Применение современных агротехнических мероприятий на полях, направленных на повышение теплообеспеченности посевов, способствует увеличению сумм температур на 200–400 °С по сравнению с полями, где такие мероприятия не проводятся. Это происходит благодаря изменению микроклимата приземного слоя воздуха и верхних горизонтов почвы.

### **2.3. Прогнозирование теплообеспеченности вегетационного периода**

Рекомендации по выращиванию культур и их сортов необходимо давать в соответствии с показателями теплообеспеченности территории хозяйства в конкретном году.

Метод прогноза разработан Ф.Ф. Давитая (1964) и основан на связи сумм активных температур с датой устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 10 °С (в земледельческой зоне Красноярского края – в мае). Чем раньше наступит эта дата, тем большая сумма температур накопится за период активной вегетации.

Недостаток этого метода состоит в том, что не учитываются ранние осенние заморозки, в результате чего развитие культуры может прекратиться, хотя последующий теплый период дает формальное основание считать, что прогноз в целом оправдался и растения развивались весь период.

С этой целью рассчитывают ожидаемую сумму активных температур с помощью уравнений, разработанных отделом агрометеорологических прогнозов Красноярского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (табл. 6).

Таблица 6 – Прогностические уравнения

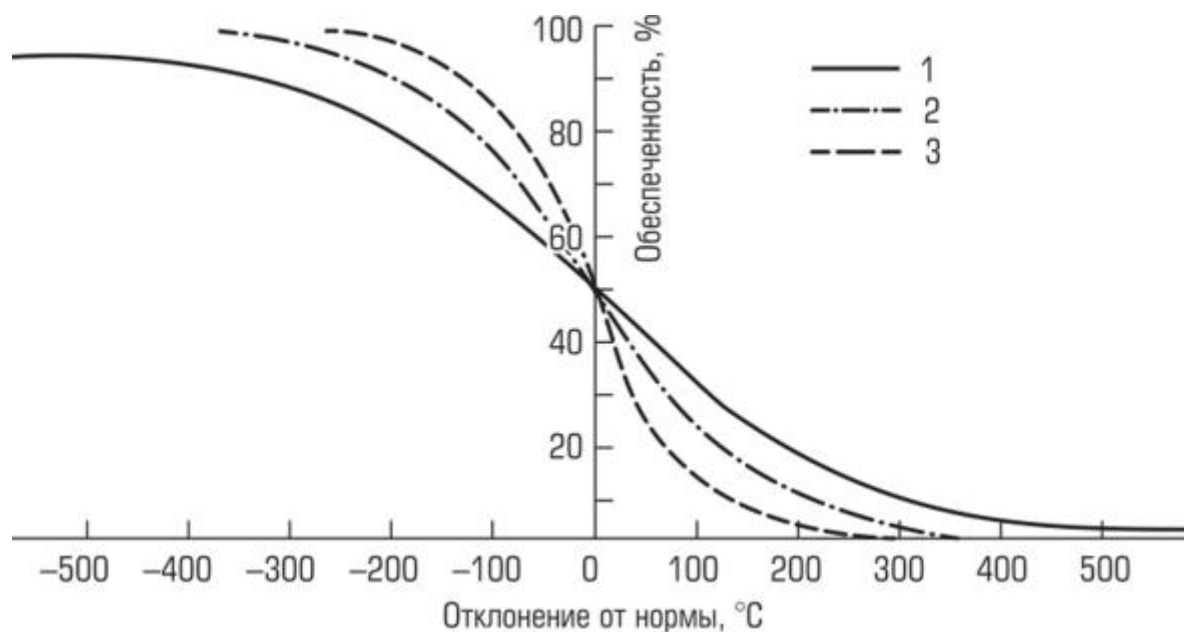
Зона	Гидрометеостанция	Уравнение	Ошибка уравнения (градусы)
Тайга	Енисейск	$y = -18,29 \cdot x + 2011$	$\pm 130$
Подтайга	Большая Мурта	$y = -18,10 \cdot x + 2059$	$\pm 113$
Лесостепь:			
Ачинская	Боготол	$y = -12,64 \cdot x + 1982$	$\pm 126$
Красноярская	Красноярск	$y = -17,96 \cdot x + 2137$	$\pm 154$
Канская	Канск	$y = -14,02 \cdot x + 2088$	$\pm 116$
Степь	Минусинск	$y = -16,57 \cdot x + 2271$	$\pm 115$

Примечание:  $y$  – ожидаемая сумма температур за вегетацию;  $x$  – число дней в мае до устойчивого перехода температуры воздуха через 10 °С весной.

Прогноз теплообеспеченности вегетационного периода ( $\Sigma t > 10$  °С) составляется сразу после устойчивого перехода температуры воздуха через 10 °С весной.

Установлено, что при обеспеченности теплом возделываемых культур менее чем на 50 % размещение посевов на такой территории нецелесообразно. При обеспеченности теплом на 50–70 % выращивание культур возможно, хотя неизбежно проведение дополнительных агротехнических мероприятий для создания лучших термических условий для растений. Обеспеченность посевов теплом на 80–90 % считается хорошей, поскольку экономический риск составляет всего 10–20 %.

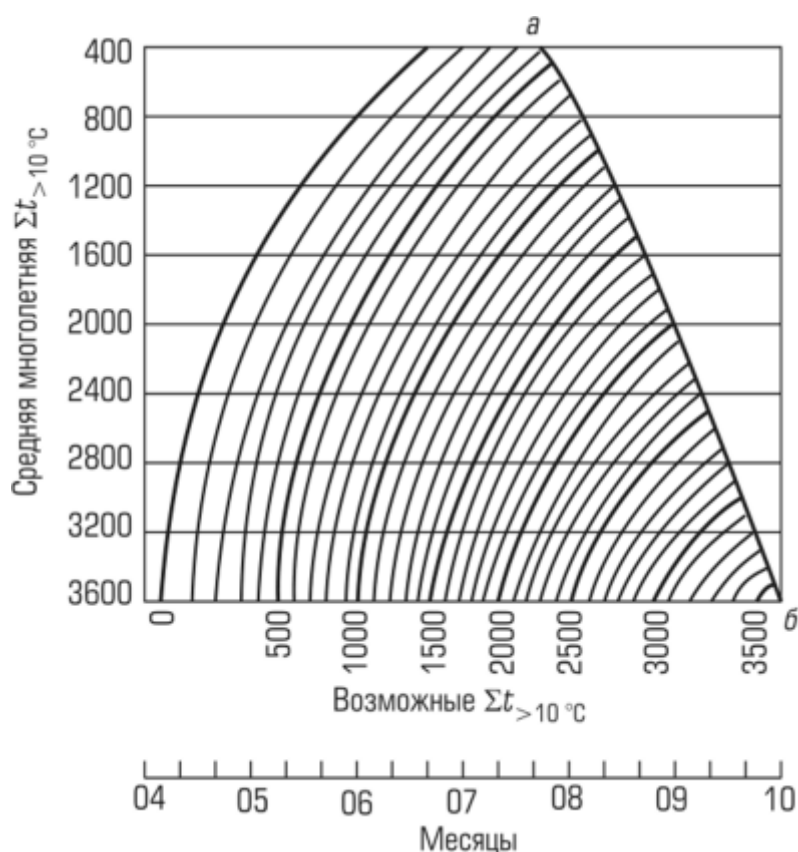
Для успешного возделывания сельскохозяйственных культур в конкретном районе необходимо знать, будут ли они созревать в данных условиях. Это возможно сделать с помощью **кривых обеспеченности термических ресурсов**, полученных Ф.Ф. Давитая (рис. 3).



*Рисунок 3 – Кривые обеспеченности вегетационного периода суммой температур выше 10 °С для различных типов климата:  
1 – неустойчивого (европейская часть России, Западная Сибирь); 2 – устойчивого (центральная часть Сибири); 3 – особо устойчивого (Восточная Сибирь, Дальний Восток)*

Например, потребность в тепле позднеспелых сортов яровой пшеницы с учетом всех поправок составляет 1600 °С, а ресурсы (норма) – 1700 °С. Как часто эта культура будет созревать в данном районе? Чтобы ответить на этот вопрос, следует найти разность между потребностью и ресурсами:  $1600 - 1700 = -100$  °С. Затем с помощью графика определяют, как часто в данном районе сумма активных температур бывает меньше многолетней на 100 °С. Находят на оси абсцисс значение  $-100$  °С, из найденной точки восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой, а затем из этой точки проводят перпендикуляр на ось ординат и получают обеспеченность. В нашем примере для условий Центральной (Средней) Сибири это будет 75 %, т.е. позднеспелые сорта яровой пшеницы в данном районе будут созревать примерно 7–8 из 10 лет. Возделывание культуры считают рентабельным, если она обеспечена теплом не менее чем на 80 %, т.е. 8 раз в 10 лет.

Однако сумма температур, подсчитанная в целом за вегетационный период, не дает представления о динамике накопления температур в течение периода, тогда как для решения ряда задач необходимо знать, к какому сроку может накопиться необходимая сумма температур. Для этого Ф.Ф. Давитая предложил номограмму (рис. 4), при помощи которой можно определить **накопление той или иной суммы температур на определенную дату.**



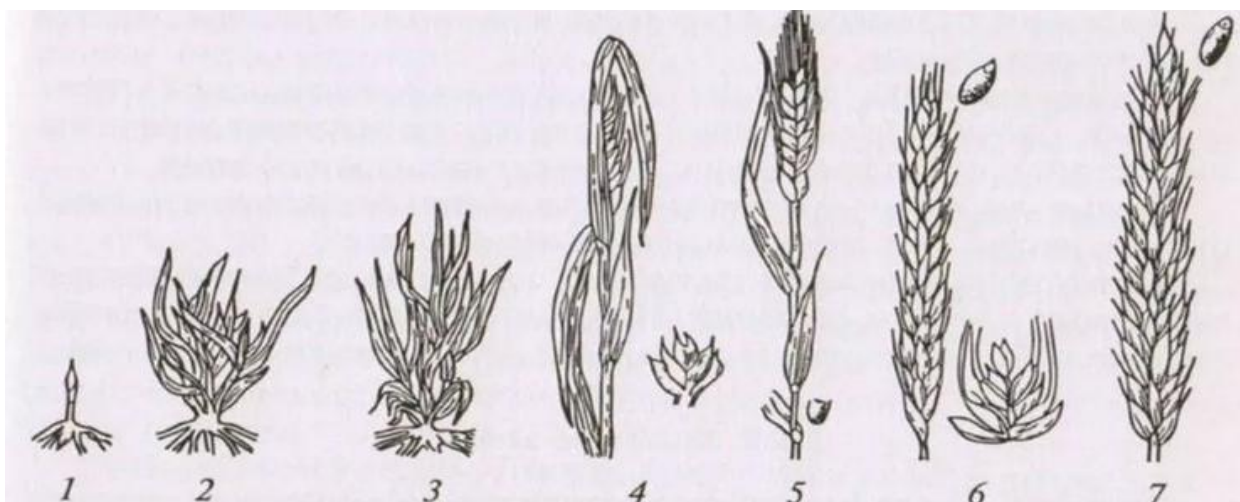
*Рисунок 4 – Номограмма для определения сроков накопления сумм температур выше 10 °C в зависимости от средних многолетних температур (по Давитая Ф.Ф.)*

По оси абсцисс отложены дни вегетационного периода и возможные суммы температур выше 10 °C, по оси ординат – средние многолетние суммы температур за вегетационный период (норма). На номограмме первая кривая, соответствующая сумме температур выше 0 °C, указывает на начало периода с температурой выше 10 °C, а замыкающая кривая (а–б) – на конец этого периода. Например, для наступления восковой спелости среднеспелого сорта овса требуется сумма активных температур 1400 °C. В Сухобузимском районе средняя многолетняя сумма температур выше 10 °C равна 1600 °C. Для

определения даты созревания овса по оси ординат находим среднюю многолетнюю сумму 1600 °С, от которой проводим горизонтальную прямую до пересечения с кривой суммы температур 1400 °С. Из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось абсцисс и определяем дату наступления фазы восковой спелости овса – 5–10 августа. При оценке термических условий территории необходимо также учитывать такие показатели, как средняя температура самого теплого месяца, продолжительность беззаморозкового периода, сроки наступления весенних и осенних заморозков, их повторяемость и интенсивность.

#### 2.4. Прогноз сроков наступления основных фаз развития и созревания сельскохозяйственных культур

**Фазы развития растений** – последовательные этапы индивидуального развития растения: от прорастания семени до созревания новых семян и отмирания организма (рис. 5).



*Рисунок 5 – Основные фазы развития зерновых культур:  
1 – всходы; 2 – кущение; 3 – выход в трубку; 4 – колошение; 5 – цветение;  
6 – молочная спелость; 7 – восковая спелость*

Скорость их наступлений в большей степени зависит от температуры. В основе метода лежит зависимость между скоростью развития растений и эффективной (выше 5 °С) температурой воздуха. Продолжительность периодов между фазами развития растений определяются по сумме эффективных температур, необходимых для прохождения растениями каждого из этих периодов (табл. 7).



Таблица 7 – Суммы эффективных температур, необходимые для наступления фаз развития некоторых сельскохозяйственных культур (по данным различных авторов)

Культура	Фаза развития	Сумма эффективных температур		
		>5 °С	>10 °С	>15 °С
Озимая рожь	Посев – всходы	52		
	Возобновление вегетации – выход в трубку	100-150		
	Выход в трубку (выметывание) – колошение	183		
	Колошение – молочная спелость	319		
	Молочная спелость – восковая спелость	225		
	Колошение (цветение гречихи) – восковая спелость	544		
Яровая пшеница	Посев – всходы	67		
	Всходы – кущение	67		
	Выход в трубку (выметывание) – колошение	283–305 (р)*		
		330–355 (с)		
		275–400 (п)		
	Колошение – молочная спелость	230		
	Молочная спелость – восковая спелость	260		
Колошение – восковая спелость	490			
Ячмень	Посев – всходы	67		
	Всходы – кущение	67		
	Выход в трубку (выметывание) – колошение	330		
	Колошение – восковая спелость	388		
Овес	Посев – всходы	67		
	Всходы – кущение	67		
	Выход в трубку (выметывание) – колошение	378		
	Колошение – восковая спелость	428		
Гречиха	Посев – всходы	75		
	Всходы – выметывание	275		
	Колошение (цветение гречихи) – восковая спелость	470		
Кукуруза	3-й лист – выметывание		420 (р) 480 (с) 540 (п)	
Горох	Посев – всходы	110		
	Всходы – цветение	250		
	Цветение – созревание	290		
Томаты	Образование соцветий – зеленые плоды			100...220
	Образование соцветий – бланжевая спелость			200...380
	Образование соцветий – полная спелость			300...470

\* р – раннеспелые сорта; с – среднеспелые сорта; п – позднеспелые сорта

Связь продолжительности межфазных периодов с температурой окружающей среды выражается формулой

$$n = \frac{A}{t_{cp} - B},$$

где  $n$  – продолжительность межфазного периода, сут;

$A$  – сумма эффективных температур, необходимая для наступления данной фазы (см. табл. 7);

$t_{cp}$  – средняя суточная температура воздуха;

$B$  – биологический минимум температуры растения в данной фазе (для зерновых культур принята температура, равная 5 °С).

Прогноз даты наступления той или иной фазы рассчитывается по уравнению

$$D = d + A / (t_{cp} - 5),$$

где  $D$  – дата наступления ожидаемой фазы;

$d$  – фактическая дата наступления предшествующей фазы (прил. 3);

$A$  – сумма эффективных температур между этими фазами;

$t_{cp}$  – среднесуточная температура воздуха за межфазный период (из справочника или по прогнозу).

**Пример.** *Определить ожидаемую дату (D) наступления восковой спелости яровой пшеницы по данным:*

$d$  – дата наступления предшествующей фазы (колошения) – 10 июля;

$A$  – постоянная сумма эффективных средних суточных температур для периода «колошение – восковая спелость» яровой пшеницы – 490 °С;

$D_{норма}$  – средняя многолетняя дата восковой спелости сельскохозяйственных культур в данном районе (по агроклиматическому справочнику) – 18 августа;

$t_{cp}$  по агроклиматическому справочнику равна (см. информацию прил. 4): во II декаде июля – 20 °С, в III декаде июля – 19,8 °С, в I декаде августа – 18,9 °С, во II декаде августа – 17,1 °С.

**Решение.** *Первоначально рассчитываем среднюю температуру воздуха ( $t_{cp}$ ) за предполагаемый период. Он в нашем примере составляет 39 дней (с 10.07 по 18.08).*

*Средняя температура воздуха во II декаде июля – 20 °С. Следовательно, сумма среднесуточных температур за период с 10 по 20 июля равна 20 °С • 10 дней = 200 °С.*

*Средняя температура воздуха в III декаде июля – 19,8 °С, тогда сумма среднесуточных температур равна 19,8 °С • 11 дней = 217,8 °С.*

*Средняя температура воздуха в I декаде августа – 18,9 °С, тогда сумма среднесуточных температур равна 18,9 °С • 10 дней = 189 °С.*

*Средняя температура воздуха во II декаде августа – 17,1 °С, тогда сумма среднесуточных температур равна 17,1 °С • 8 дней = 136,8 °С.*

*Таким образом, за весь период (за 39 дней) средняя суточная температура воздуха будет равна*

$$t_{cp} = (200 + 217,8 + 189 + 136,8) / (10 + 11 + 10 + 8) = 19 \text{ °С.}$$

*Таким образом, подставляя в формулу данные, получим*

$$D = 10 \text{ июля} + 490 / (19 - 5) = 14 \text{ августа.}$$

**Вывод.** *Наступление восковой спелости яровой пшеницы в данном районе следует ожидать 14 августа, что на 4 дня раньше средней многолетней даты (нормы).*

## Лабораторная работа 2

### Оценка термических ресурсов исследуемой территории

#### Задания

1. Постройте график годового хода температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) по норме (сплошная линия) и исследуемому году (пунктирная линия) по данным приложений 5 и 6. Так как в приложении 6 по исследуемому году даны среднедекадные температуры, предварительно рассчитайте среднемесячные температуры (при построении графика точки следует ставить в середине месяца (на 15 число), затем их соедините плавной кривой линией (рис. 6).

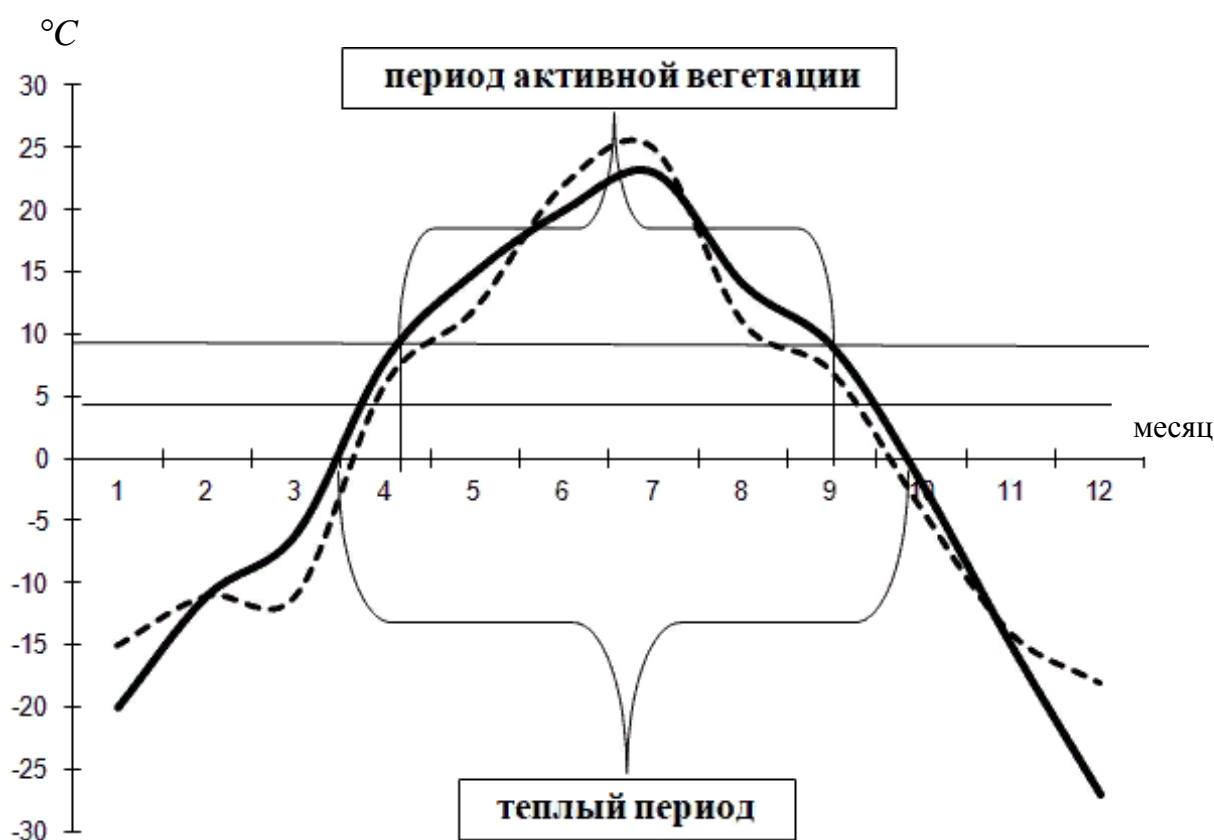


Рисунок 6 – График (пример) годового хода температуры воздуха и агроклиматических периодов:

— норма; - - - - исследуемый год

2. Определите даты перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0$ ,  $5$ ,  $10$   $^{\circ}\text{C}$  и продолжительность периодов между датами в днях:

- *теплый период* с температурой выше  $0$   $^{\circ}\text{C}$ ;
- *вегетационный период* с температурой выше  $5$   $^{\circ}\text{C}$ ;
- *период активной вегетации* с температурой выше  $10$   $^{\circ}\text{C}$ .

Для этого на графике через заданные значения температуры проводят горизонтальные линии, пересекающие кривую измерения температуры. Из точек пересечения проводят вертикальные линии до оси абсцисс и определяют дату перехода температуры. В таблице 8 разместите дату начала (весной) и окончания (осенью) этих периодов (см. пример в таблице).

Таблица 8 – Термические ресурсы исследуемой территории

Показатель	Норма (среднее много- летнее)			Исследуемый год		
	на- чало	окон- чание	продол- житель- ность	на- чало	оконча- ние	продол- житель- ность
1. Теплый период (переход через 0°C)	1.04	10.10	193 дня			
2. Вегетационный период (через 5°C)						
3. Период активной вегетации (через 10°C)						
Сумма активных температур: ( $\sum T > 10^\circ\text{C}$ ) за период активной вегетации						
Сумма осадков за период активной вегетации, мм						
ГТК						

3. Рассчитайте сумму активных температур по следующей схеме:

а) выбираем месяцы со средней температурой более 10 °С. Например, в июне – 15 °С, в июле – 20 °С, в августе – 12 °С. Далее, июнь = 15 • 30 (количество дней в июне) = 450; июль = 20 • 31 (в июле) = 620; август = 12 • 31 (в августе) = 372.

Считаем сумму: 450+620+372 = 1442 °С (сумма активных температур);

б) в связи с тем, что переход через 10 °С в условиях земледельческой зоны Красноярского края происходит весной – в апреле или мае, а осенью – в сентябре, в разные даты (т.е. активная вегетация продолжается неполные месяцы), то оставшаяся сумма активных температур вычисляется следующим образом.

Согласно графику температура воздуха (см. рис. 6) устойчиво перешла через 10 °С – 20 апреля, а к 30 апреля составила 13 °С. Тогда рассчитываем среднесуточную температуру за 10 дней апреля:  $t_{\text{ср.}} = (10 + 13)/2 = 11,5^\circ\text{C}$ .

Затем необходимо рассчитать сумму активных температур за апрель  $\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C} = 11,5^{\circ} \cdot 10 = 115\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Подобным образом определяется сумма активных температур за последний (неполный) месяц активной вегетации (сентябрь). Получив суммы активных температур для каждого месяца, вычисляем сумму активных температур в целом за весь период активной вегетации:

$\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C} =$  (период апреля с температурами более  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  + июнь + июль + август + период сентября с температурами более  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Точнее сумму активных температур можно определить суммируя все среднесуточные температуры более  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  за весь период, воспользовавшись агрометеорологическим ежегодником или бюллетенем.

Занесите рассчитанную сумму активных температур по норме и исследуемому году в таблицу 8.

4. Далее сделайте анализ графика, сравнив данные оцениваемого периода с нормой.

5. Определите амплитуду колебаний температуры.

Амплитуда (А) – это разность температур между наибольшим (летом) и наименьшим (зимой) ее значением:  $A = t\text{ }^{\circ}\text{C}_{\text{макс}} - t\text{ }^{\circ}\text{C}_{\text{мин}}$ .

6. Дайте прогноз теплообеспеченности предстоящего вегетационного сезона изучаемого района (зоны) при помощи уравнений (табл. 6):

а) определите, какие сельскохозяйственные культуры и их сорта возможно будет выращивать на следующий вегетационный сезон исследуемой территории (запишите их в табл. 9);

б) определите при помощи рисунка 3, как часто выбранные сельскохозяйственные культуры будут созревать в данном районе, а также агрометеорологическую рентабельность их возделывания.

Информацию оформите в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Выбранные сельскохозяйственные культуры при данном уровне теплообеспеченности и рентабельность их возделывания

Культура (пример)	Сорт по скороспелости (пример)	Необходимые суммы активных температур, $^{\circ}\text{C}$	% лет созревания культуры	Рентабельность
1. Яровая пшеница	Раннеспелый	1300	85	Рентабельно
	Среднеспелый	1500	65	Нерентабельно
...				
n				

7. Определите, к какому сроку может накопиться необходимая сумма активных температур для наступления фазы восковой спелости яровой пшеницы разных сортов, используя номограмму (см. рис. 4).

Результат представьте по форме таблицы 10.

Таблица 10 – Прогнозируемые сроки наступления фазы восковой спелости яровой пшеницы

Сорт яровой пшеницы	Требуемая сумма активных температур, °С	Ресурс (норма) $\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ для исследуемого района, °С	Прогнозируемая дата наступления восковой спелости яровой пшеницы
Раннеспелый			
Среднеспелый			
Позднеспелый			

8. Рассчитайте суммы эффективных температур.

Определите суммы эффективных температур по материалам приложения 7 и по примеру таблицы 11.

Таблица 11 – Пример расчета суммы эффективных температур

Дата	Средняя суточная температура, °С	Биологический минимум		
		5 °С	10 °С	15 °С
Эффективная температура				
1 мая	5,2	0,2	–	–
2 мая	4,1	–	–	–
3 мая	11,3	6,3	1,3	–
4 мая	16,0	11,0	6,0	1,0
...				
31 мая				
Сумма		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$

Сделайте расчет и представьте данные исследуемой территории по форме таблицы 12.

Таблица 12 – Сумма эффективных температур за период июнь – август .... (укажите изучаемый населенный пункт)

Дата	Средняя суточная температура, °С	Эффективная температура		
		5 °С	10 °С	15 °С
Июнь				
1 июня				
...				
Сумма				
Июль				
1 июля				
...				
Сумма				
Август				
1 августа				
...				
Сумма		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$

9. Определите продолжительность периодов (по сумме эффективных температур (см. табл. 7) между фазами развития по формуле  $n = \frac{A}{t_{cp} - B}$ . Информацию занесите в таблицу 13.

Таблица 13 – Продолжительность межфазовых периодов

Сельскохозяйственная культура	Межфазный период	Сумма эффективных температур А	Средняя прогнозируемая температура за предполагаемый период ( $t_{cp}$ ), °С	Продолжительность периода n (сут)
Яровая пшеница	Выход в трубку – колошение			
	Колошение – восковая спелость			

10. Определите дату наступления восковой спелости яровой пшеницы после фазы колошения по формуле  $D = d + A / (t_{cp} - 5)$ . Заполните таблицу 14.

Таблица 14 – Ожидаемая дата наступления восковой спелости яровой пшеницы

Сельскохозяйственная культура	Межфазный период	Фактическая дата наступления даты колошения сельскохозяйственной культуры в текущем году $D_1$	Ожидаемая дата наступления восковой спелости сельскохозяйственной культуры Д
Яровая пшеница	Колошение – восковая спелость		

### 3. ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

#### Что необходимо уяснить при работе с главой:

- методы измерения осадков в стационарных и полевых условиях, их годовой ход в районе наблюдений, обратите внимание на пестроту их распределения в летний период;
- роль осадков в формировании запасов почвенной влаги в течение всего года, и особенно в вегетационный период;
- понятия о почвенной влаге и методах ее определения, какое влияние оказывают агрометеорологические условия на водный режим почвы;
- усвоить понятия «продуктивная влага», «водный баланс поля», ознакомиться с годовым ходом запасов почвенной (продуктивной) влаги;
- ознакомиться с методами регулирования водного режима почв и изучить вопрос о влагообеспеченности сельскохозяйственных культур и пастбищ, а также вопросы регулирования запасов продуктивной влаги на сельскохозяйственных полях

#### 3.1. Основные функции, выполняемые водой в биологических объектах

Водная среда пронизывает и объединяет все части организма, начиная от молекул в клетках и кончая тканями организма, в единое целое. Около трети всего количества воды, содержащейся в клетке, находится в вакуоли, а две трети – в протоплазме и клеточной оболочке. В растении вода представляет собой непрерывную среду на всем протяжении от влаги, извлекаемой корнями из почвенных слоев, до поверхности раздела «жидкость – газ» в листьях, где она испаряется.

- Вода обладает исключительно высоким поверхностным натяжением (уступает только ртути), которое способствует передвижению соков по тканям растения и процессу адсорбции (от лат. *sorbere* – поглощать, всасывать) – поглощение вещества из раствора или газа с образованием тонкого поверхностного слоя жидкости.

- Вода – важнейший растворитель и среда для биохимических реакций.

- Вода входит в состав молекул белков; удаление воды из белков (с помощью «высаливания» или спирта) приводит белки к свертыванию (коагуляции) и выпадению их в осадок.

- Вода – метаболит, т.е. вещество, образующееся в растении в результате обмена веществ. Так, при фотосинтезе вода является донором электронов, а при дыхании участвует в окислительных процессах; вода необходима для гидролиза (реакции ионного обмена между различными веществами и водой, играющие огромную роль в жизне-



деятельности живых организмов) и многих синтетических процессов. Существенно участие воды в мембранных процессах обмена веществ.

○ Вода – главный компонент в транспортной системе высших растений – в сосудах ксилемы и в ситовидных трубках флоэмы, при перемещении веществ по телу растения.

○ Вода – терморегулирующий фактор. Она защищает ткани от резких колебаний температуры благодаря высокой теплоемкости. Большая теплоемкость воды защищает растительные ткани от быстрого и сильного повышения температуры, тогда как высокая теплота парообразования обеспечивает надежную стабилизацию температуры тела растения. Вода обладает также высокой теплопроводностью, т.е. способностью вещества проводить тепло.

○ Вода – хороший амортизатор при механических воздействиях на организм растения (ветер и др.). Благодаря явлениям осмоса (давления) и тургора (напряжения) вода обеспечивает упругое состояние клеток и тканей растений. Все семенные растения суши в процессе эволюции выработали многообразные «механизмы», обеспечивающие растению экономное расходование воды, поступающей в организм. Водные растения, естественно, не испытывают ее недостатка.

При нарушении водного баланса и образовании дефицита влаги в растении происходит ряд физиологических и анатомических изменений, направленных на экономное расходование и сохранение влаги. Недостаток запасов почвенной влаги сдерживает развитие корневой системы и, соответственно, всего растения. Известно, что величина продуктивности сельскохозяйственных растений определяется уровнем их потребности во влаге и фактическими запасами почвенной влаги, доступной растениям в течение вегетационного периода.

### **3.2. Годовой ход осадков по исследуемому году и по норме**

Показателем ресурсов естественного увлажнения являются данные многолетних наблюдений за осадками, осуществляемых на всех метеорологических станциях. Для оценки условий увлажнения территории осадками используют их средние значения за каждый месяц. Принято также указывать средний многолетний ход осадков (по норме) и за анализируемый год (рис. 7).

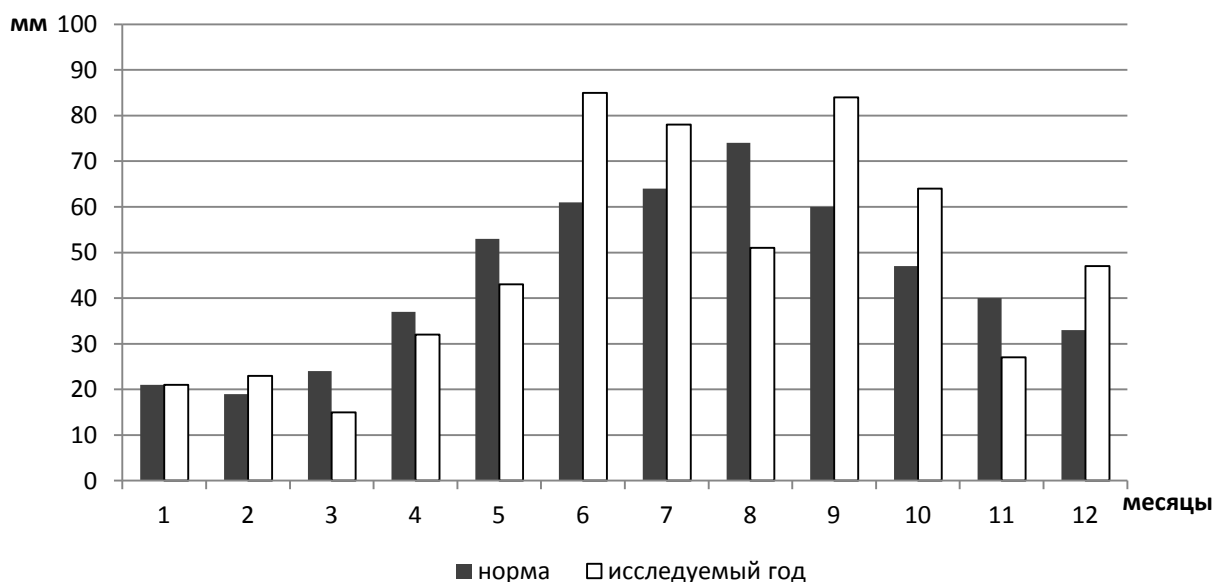


Рисунок 7 – Годовой ход осадков по норме и исследуемому году

Общее представление о ресурсах увлажнения территории может дать количество осадков, выпадающих как в целом за вегетационный период, так и за отдельные его отрезки. Распределение осадков по территории зависит от характера подстилающей поверхности (наличие лесных массивов, водоемов, речных долин), от высоты места и формы рельефа.

### 3.3. Оценка обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой

Одним из важнейших факторов, которые влияют на рост и развитие растений, является **влагообеспеченность вегетационного периода**.

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

Количество выпадающих осадков определяют осадкомером Третьякова. В полевых условиях применяют полевой дождемер. Распределение осадков по территории и во времени весьма неравномерно и зависит от содержания влаги в воздухе, типа циркуляции атмосферы и ряда других факторов. В целом для России характерно уменьшение годовой суммы осадков с запада на восток. Знание режима выпадения осадков необходимо для правильного размещения

по территории различных сельскохозяйственных культур и организации сельскохозяйственных работ.

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

**Если за каждый летний месяц выпадает осадков:**

- 30 мм и меньше – лето недостаточно увлажненное;
- 40–50 мм – лето умеренно увлажненное;
- 60–70 мм – лето достаточно увлажненное.

Для оценки обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой необходимо рассчитать количество осадков различной обеспеченности по номограмме, предложенной А.Н. Лебедевым. На графике (рис. 8) по оси ординат отложены значения средних многолетних сумм осадков за год, по оси абсцисс – возможные суммы осадков в отдельные годы, в поле графика – линии, отражающие различную обеспеченность (%).

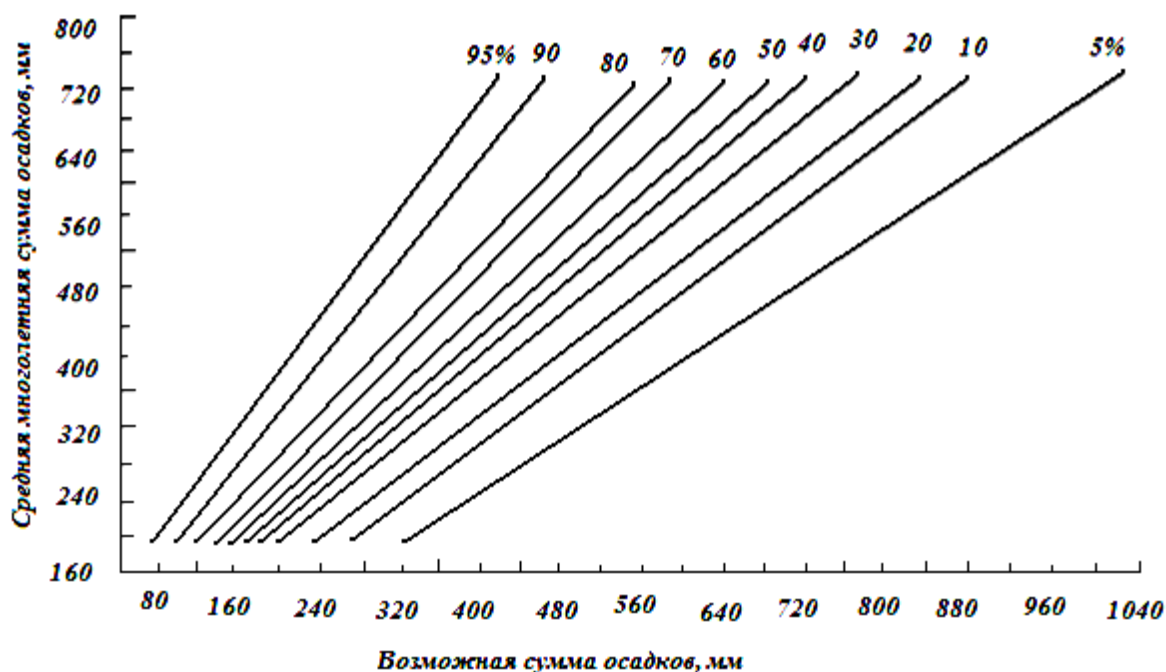


Рисунок 8 – График расчета годовых сумм осадков различной обеспеченности (по Лебедеву А.Н.)

Зная среднюю многолетнюю сумму осадков по климатическим (агроклиматическим) справочникам, по номограмме несложно определить обеспеченность выпадения различного количества осадков. Например, чтобы определить, сколько осадков в год выпадает с 80 %-ой

обеспеченностью при средней многолетней норме 560 мм, нужно опустить перпендикуляр параллельно оси абсцисс до пересечения в поле графика с прямой на 80 %. Получаем 430 мм. Подобные графики полезно построить и для оценки вегетационного периода, месячных, декадных периодов применительно к конкретным культурам, возделываемым в различных почвенно-климатических зонах. Располагая знаниями о потребности возделываемых культур в осадках за определенный период вегетации и обеспеченности такого количества осадков за этот же период, оценивают влагообеспеченность посевов.

Однако для оценки условий увлажнения вегетационного периода по вероятностным характеристикам только осадками недостаточно!

В агроклиматических исследованиях для оценки условий увлажнения сельскохозяйственных территорий используются различные показатели, представляющие собой отношение количества влаги, поступающей с осадками, или сформировавшиеся запасы продуктивной влаги в корнеобитаемых горизонтах почвы (приход), к ее расходу (испаряемости) за конкретный период времени.

Показатели, наиболее часто используемые для этих целей, следующие.

**Гидротермический коэффициент (ГТК)** Г.Т. Селянинова представляет собой относительный показатель увлажненности территории – отношение суммы осадков (R) в мм за период активной вегетации к сумме средних суточных температур ( $\sum t > 10^\circ\text{C}$ ), уменьшенных в 10 раз, за этот же период (что весьма близко характеризует испаряемость)

$$\text{ГТК} = \sum R / 0,1 \cdot \sum t > 10^\circ\text{C}.$$

Согласно Г.Т. Селянинову, суммарное значение ГТК за период активной вегетации:

- больше 1,6 соответствует избыточно влажной зоне;
- 1,6–1,3 – лесной влажной зоне;
- 1,3–1,0 – зоне недостаточного увлажнения (лесостепи);
- 1,0–0,7 – засушливой зоне (степи);
- 0,7–0,4 – очень засушливой зоне (сухой степи);
- коэффициент 0,4–0,3 характеризует полупустыню,
- менее 0,2 – пустыню.

**Испарение** – одно из основных звеньев в круговороте воды на земном шаре, важнейший фактор тепло- и влагообмена растительных и животных организмов. Количественно испарение характеризуется *скоростью испарения* (V) – массой воды, испарившейся с единицы

поверхности в единицу времени. Испарение выражается высотой слоя воды (мм), испарившейся за определенный промежуток времени: сутки, декада, месяц, год.

Испаряемость ( $E_0$ ) за год ориентировочно оценивается по формуле

$$E_0 = 0,18 \sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C},$$

где  $\sum t$  – сумма температур за период со средними суточными температурами выше  $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Наиболее простым способом расчета суммарного испарения (испаряемости)  $E_s$  в мм с поверхности сельскохозяйственного поля является использование данных о количестве выпавших осадков  $R$  (мм) за выбранный период времени и разности начальных  $W_H$  и конечных  $W_K$  запасов влаги (мм)

$$E_s = R + (W_H - W_K).$$

### 3.4. Методы оценки условий влагообеспеченности посевов по влагозапасам в корнеобитаемом слое почвы

*Запасы продуктивной влаги в почве* являются важнейшим комплексным агроклиматическим показателем увлажнения сельскохозяйственных посевов, поскольку представляют собой результат взаимодействия погодных, почвенных условий, особенностей естественного растительного покрова и проводимых агротехнических мероприятий на полях. Этот интегральный показатель включает атмосферные осадки, их количество и режим выпадения, различные виды стока, испарение и влагообмен в почве по вертикали характеризуют реальные ресурсы влаги, доступные для растений.

*Продуктивная влага* – это часть почвенной влаги, используемой растением в процессе жизнедеятельности, синтеза органического вещества и формирования урожая. Нижним пределом продуктивной влаги является величина влажности устойчивого завядания. Количество продуктивной влаги или ее запасы принято выражать в мм толщины водного слоя.

Запасы продуктивной влаги ( $W_{\Pi}$ ) вычисляют по формуле, предложенной С.А. Вериги и Л.А. Разумовой (1973)

$$W_{\Pi} = d_v h (B - B_3) \cdot 0,1,$$

где  $d_v$  – плотность сложения почвы,  $\text{г/см}^3$ ;

$h$  – мощность (толщина) слоя почвы, см;

$B$  – влажность почвы, %;

$BЗ$  – влажность завядания, %;

0,1 – коэффициент для перевода запасов влаги в мм водного слоя.

Количественные значения продуктивной влаги (обычно в слоях почвы 0–10, 0–20, 0–50, 0–100 и 0–150 см), как комплексный агроклиматический показатель увлажнения, используют при характеристиках:

- условий обеспеченности возделываемых культур;
- исходных запасов влаги весной;
- исходных запасов влаги осенью;
- критических периодов растений по отношению к влаге в онтогенезе.

Сев яровых зерновых культур производится весной после устойчивого перехода средних суточных температур воздуха через 5 °С в сторону повышения. Более того, для начала сева необходима так называемая спелость почвы, т. е. когда пахотный горизонт полностью оттает и освободится от талых вод, без этих условий нормальная заделка семян невозможна. В критический период яровых зерновых культур, наблюдаемый в период фаз развития злаков (выход в трубку – цветение), условия увлажнения в виде запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы определяют озерненность колоса, а следовательно, и урожай. Для оценки условий обеспеченности влагой яровых посевов в этот критический период их жизни целесообразно проводить сравнение фактических запасов продуктивной влаги в конкретном году со средними многолетними их значениями.

### **Метод прогноза запасов продуктивной влаги в почве весной к началу вегетационного периода озимых и яровых зерновых культур**

Прогноз запасов продуктивной влаги к началу вегетационного периода составляется для тех районов, где запасы влаги в метровом слое почвы к концу осени не достигают уровня наименьшей влагоемкости. Особое значение этот прогноз имеет в засушливых районах, где одним из основных условий высокой урожайности являются достаточные запасы продуктивной влаги весной.

Увеличение запасов влаги в почве весной зависит главным образом от количества выпавших осадков за осенне-зимне-весенний период и насыщенности почвы влагой осенью.

Для составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве весной на большей части сельскохозяйственных районов используются регрессионные зависимости между суммарным изменением запасов влаги за осенне-зимне-весенний период, количеством осадков, выпавших за эти же периоды, и дефицитом запасов влаги в почве осенью.

Для районов с глубоким залеганием грунтовых вод эта зависимость выражается следующим уравнением:

$$y = 0,115 \cdot x + 0,5 \cdot h - 20,$$

где  $y$  – величина изменения запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за период времени от осеннего определения влажности почвы до начала полевых работ, мм;

$x$  – количество осадков, выпавших за этот период. Количество осадков учитывают в два приема: от даты последнего определения влажности почвы до времени составления прогноза (фактическое количество осадков) и от этого срока до начала вегетационного периода (ожидаемое количество осадков), мм;

$h$  – дефицит насыщения почвы влагой, мм.

Для условий степной зоны следует учитывать не все осадки, а только половину ( $1/2 x$ ), так как значительная часть зимних осадков сдувается ветром.

**Пример.** Осенью запасы влаги на полях хозяйства определялись последний раз 28 августа и в метровом слое чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого составили 115 мм. Если принять полевую влагоемкость 180 мм, то дефицит насыщения влагой ( $h$ ) будет равен

$$180 - 115 = 65 \text{ мм.}$$

**Решение.** Предположим, расчеты проводились 25 февраля, до начала вегетационного периода (устойчивый переход температуры воздуха через  $5^\circ\text{C}$ ) по средним многолетним данным выпадает 70 мм осадков. С 28 августа до начала вегетационного периода выпало 155 мм осадков. Значит, за весь период с 28 августа до начала вегетационного периода выпадет около  $155 + 70 = 225$  мм.

Подставляем полученные данные в формулу и получаем

$$y = 0,115 \cdot 225 + 0,5 \cdot 65 - 20 = 38 \text{ мм.}$$

Осенние запасы влаги в метровом слое почвы были 115 мм. Следовательно, к началу вегетационного периода в этом слое почвы будет содержаться влаги  $115 + 38 = 153$  мм.

По запасам продуктивной влаги можно охарактеризовать влажность почвы:

1) **избыточно-влажная** – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы более 200 мм, в пахотном слое более 50 мм;

2) **влажная** – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы от 150 до 200 мм, в пахотном слое от 30 до 50 мм;

3) **умеренно влажная** – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы от 100 до 150 мм, в пахотном слое от 20 до 30 мм;

4) **недостаточно влажная** – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы от 50 до 100 мм, в пахотном слое от 10 до 20 мм;

5) **сухая** – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы менее 50 мм, в пахотном слое менее 10 мм.

Большое влияние на сельскохозяйственное производство оказывают твердые осадки в виде снега, выпадающие в зимний период. Снег образует снежный покров, который хорошо защищает от вымерзания озимые культуры, многолетние травы, корневую систему плодовых и ягодных культур. Например, в районах с невысоким снежным покровом и суровой зимой озимые, как правило, не высевают. Кроме того, снежный покров – это запас воды, используемый растениями весной и в первую половину лета. Для увеличения высоты снежного покрова на полях используют различные приемы *снежной мелиорации*: посадку полезащитных лесополос, посев на полях узкими полосами (*кулисами*) высокостебельных растений (кукуруза, подсолнечник и др.), уменьшающих сдувание снега с полей.

### **Лабораторная работа 3**

#### **Оценка условий увлажнения исследуемой территории**

##### **Задания**

1. Постройте график годового хода осадков по норме и исследуемому году по примеру рисунка 7. Для этого используйте материалы соответственно приложений 8 и 9.

2. Рассчитайте количество осадков, выпавшее за период активной вегетации по норме и исследуемому году. Занесите информацию в таблицу 8.

3. Рассчитайте значения ГТК и оцените условия увлажнения исследуемого года в том числе, сравнив с нормой. Занесите информацию о ГТК в таблицу 8.



4. Из приложений 5, 8 выпишите данные о температуре и сумме осадков за каждый месяц вегетационного периода (норма) и из приложений 6, 9 за исследуемый год. Занесите информацию в таблицу 15.

Таблица 15 – Характеристика условий увлажнения теплого периода

Показатель	Месяц									
	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	норма	год	норма	год	норма	год	норма	год	норма	год
Средняя месячная температура, °С ( $t_{\text{ср. мес.}} \times \text{количество дней в месяце} \times 0,1$ )										
Сумма осадков за месяц, мм										
ГТК										

5. Оцените условия увлажнения каждого месяца по значениям ГТК. Проанализируйте положительные и отрицательные стороны выявленной информации с агрономической точки зрения.

6. Рассчитайте запасы продуктивной влаги в почве весной к началу вегетационного периода.

### Вариант 1

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

30 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 51 мм, полевая влагоемкость 134 мм. Расчеты проводились 3 марта. За период с 30 августа по 3 марта выпало 98 мм осадков. После 3 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 75 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### Вариант 2

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

20 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 62 мм, полевая влагоемкость 194 мм. Расчеты проводились 13 марта. За период с 20 августа по 13 марта выпало 98 мм осадков.

После 13 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 89 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 3**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

2 сентября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 30 мм, полевая влагоемкость 102 мм. Расчеты проводились 23 марта. За период с 2 сентября по 23 марта выпало 78 мм осадков. После 23 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 55 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 4**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

15 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 91 мм, полевая влагоемкость 184 мм. Расчеты проводились 14 марта. За период с 15 августа по 14 марта выпало 108 мм осадков. После 14 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 95 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 5**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

1 октября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 91 мм, полевая влагоемкость 155 мм. Расчеты проводились 6 марта. За период с 1 октября по 6 марта выпало 104 мм осадков. После 6 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 100 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 6**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

17 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 74 мм, полевая влагоемкость 144 мм. Расчеты проводились

19 марта. За период с 17 августа по 19 марта выпало 34 мм осадков. После 19 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 90 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 7**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

22 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 45 мм, полевая влагоемкость 194 мм. Расчеты проводились 25 марта. За период с 22 августа по 25 марта выпало 89 мм осадков. После 25 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 65 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 8**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

10 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 31 мм, полевая влагоемкость 104 мм. Расчеты проводились 1 марта. За период с 10 августа по 1 марта выпало 160 мм осадков. После 1 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 70 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 9**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

29 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 77 мм, полевая влагоемкость 166 мм. Расчеты проводились 29 марта. За период с 29 августа по 29 марта выпало 123 мм осадков. После 29 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 60 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 10**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

5 сентября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 30 мм, полевая влагоемкость 104 мм. Расчеты проводились 23 марта. За период с 5 сентября по 23 марта выпало 119 мм осадков. После 23 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 95 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 11**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

20 сентября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 91 мм, полевая влагоемкость 149 мм. Расчеты проводились 30 марта. За период с 20 сентября по 30 марта выпало 156 мм осадков. После 30 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 100 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 12**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

1 октября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 77 мм, полевая влагоемкость 200 мм. Расчеты проводились 5 апреля. За период с 1 октября по 5 апреля выпало 108 мм осадков. После 5 апреля до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 85 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 13**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

24 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 34 мм, полевая влагоемкость 154 мм. Расчеты проводились 13 марта. За период с 24 августа по 13 марта выпало 88 мм осадков. После 13 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 67 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 14**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

24 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 69 мм, полевая влагоемкость 154 мм. Расчеты проводились 16 марта. За период с 24 августа по 16 марта выпало 111 мм осадков. После 16 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 93 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 15**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

5 сентября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 38 мм, полевая влагоемкость 94 мм. Расчеты проводились 21 марта. За период с 5 сентября по 21 марта выпало 70 мм осадков. После 21 марта до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 59 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 16**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

30 августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 44 мм, полевая влагоемкость 99 мм. Расчеты проводились 1 мая. За период с 30 августа по 1 мая выпало 145 мм осадков. После 1 мая до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 35 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 17**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

6 сентября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 54 мм, полевая влагоемкость 126 мм. Расчеты проводились 25 апреля. За период с 6 сентября по 25 апреля выпало 96 мм осадков. После 25 апреля до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 49 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 18**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

14 сентября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 46 мм, полевая влагоемкость 98 мм. Расчеты проводились 23 апреля. За период с 14 сентября по 23 апреля выпало 88 мм осадков. После 23 апреля до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 103 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 19**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

1 октября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 83 мм, полевая влагоемкость 127 мм. Расчеты проводились 17 апреля. За период с 1 октября по 17 апреля выпало 112 мм осадков. После 17 апреля до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 90 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

### **Вариант 20**

Рассчитайте запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ, если:

20 сентября запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 85 мм, полевая влагоемкость 130 мм. Расчеты проводились 24 апреля. За период с 20 сентября по 24 апреля выпало 79 мм осадков. После 24 апреля до начала вегетационного периода, по средним многолетним данным, выпадает 25 мм.

Оцените запасы влаги. Предложите мероприятия по сохранению влаги в почве, если это требуется.

## 4. ВОДА В АТМОСФЕРЕ. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

### Что необходимо уяснить при работе с главой:

- понятие влажности воздуха и ее характеризующие показатели;
- понимать причины изменений суточной и годовой динамики влажности воздуха;
- какими методами и приборами для измерения влажности воздуха можно пользоваться; знать суть их работы;
- понятия «испарение», «транспирация», «эвапотранспирация», знать, какие факторы определяют скорость испарения и какими приемами можно регулировать величину испарения в агроландшафтах;
- понимать роль влажности воздуха в функционировании сельскохозяйственных растений

### 4.1. Понятие влажности воздуха и ее характеристики

*Влажность воздуха* – содержание водяного пара в атмосфере.

Влажность воздуха – элемент (фактор) погоды, следовательно, она может существенно влиять на продукционный процесс и в целом на сельскохозяйственное производство.

Водяной пар непрерывно поступает в атмосферу вследствие испарения воды с поверхности водоемов, почвы, снега, льда и растительного покрова, на что затрачивается в среднем 23 % солнечной радиации, приходящейся на земную поверхность (рис. 9).

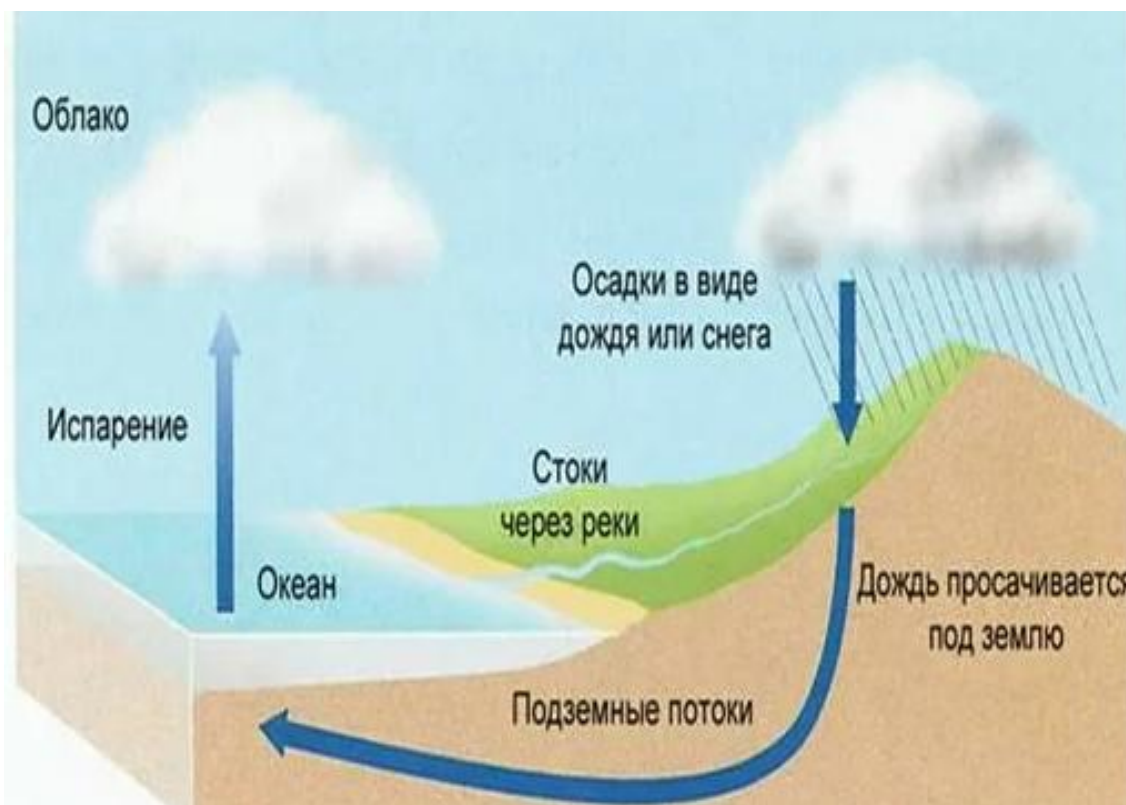


Рисунок 9 – Круговорот влаги в экосистеме

### **Виды влажности воздуха**

*Абсолютная влажность  $a$  (г/см<sup>3</sup>)* – количество водяного пара, выраженное в граммах, содержащееся в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

*Парциальное давление (упругость) водяного пара  $e$*  – фактическое давление водяного пара, находящегося в воздухе, измеряют в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.), миллибарах (мб) и гектопаскалях (гПа).

Если заданы температуры сухого ( $t$ ) и смоченного ( $t'$ ) термометров, то для расчета упругости пара используется формула

$$e = E' - A \cdot (t - t') \cdot P,$$

где  $E'$  – максимальная упругость водяного пара при температуре смоченного термометра, гПа;

$A$  – коэффициент, зависящий от скорости ветра, для стационарного психрометра  $A = 0,0008$ ;

$P$  – атмосферное давление, равное для всех вариантов 1000 гПа.

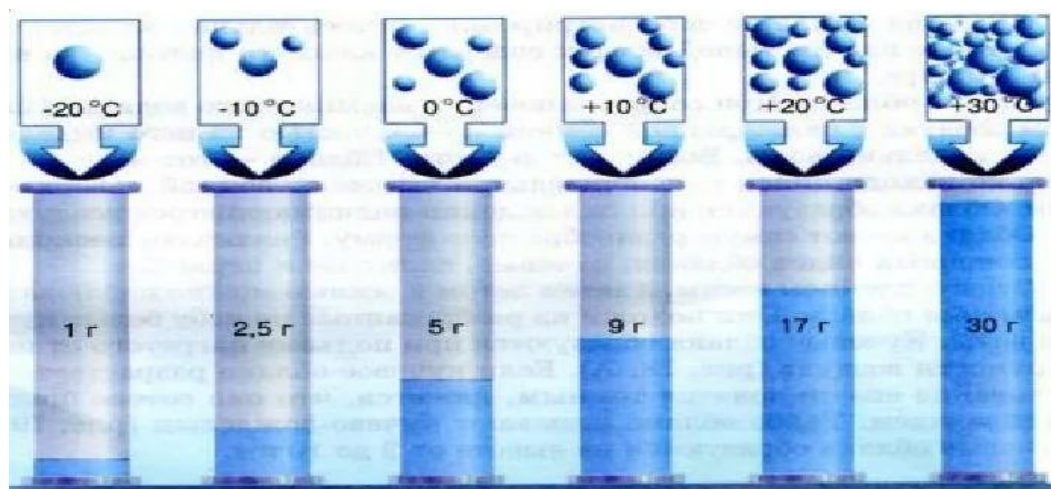
Если заданы температура сухого термометра и относительная влажность ( $f$ ), упругость водяного пара определяется по формуле

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

где  $E$  – максимальная упругость водяного пара при температуре сухого термометра, гПа.

Значения  $E$  и  $E'$  определяются по таблице приложения 10 соответственно по температуре сухого и смоченного термометров.

*Давление насыщенного водяного пара, или упругость насыщения,  $E$*  – максимально возможное значение парциального давления при данной температуре. Возрастает с увеличением температуры: при более высокой температуре воздух способен содержать больше водяного пара, чем при более низкой (рис. 10).



*Рисунок 10 – Зависимость количества водяного пара в насыщенном воздухе от температуры воздуха*



*Относительная влажность*  $f$  – это отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе, к давлению насыщенного водяного пара при данной температуре. Выражают ее обычно в процентах с точностью до целых

$$f = (e/E) \cdot 100 (\%).$$

*Дефицит насыщения водяного пара*  $d$  – разность между упругостью насыщения и фактической упругостью водяного пара

$$d = E - e.$$

Дефицит насыщения выражают в тех же единицах, что и величины  $E$  и  $e$ .

По величине дефицита насыщения можно охарактеризовать условия уборки озимых (конец июля) и яровых (конец августа – сентябрь), используя критерии таблицы приложения 11.

*Точка росы*  $t_d$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе при данном давлении, достигает состояния насыщения относительно химически чистой плоской поверхности воды. При  $f = 100 \%$  фактическая температура воздуха совпадает с точкой росы, или дефицит влажности  $d=0$ . Физики называют *точкой росы* температуру, до которой нужно охладить воздух, чтобы началась конденсация влаги (выпадение росы).

При температуре ниже точки росы начинается конденсация водяных паров с образованием туманов, облаков, а на поверхности земли и предметов образуются роса, иней, изморозь.

Точку росы можно определить, используя таблицу приложения 8 на пересечении целых и десятых долей температуры. Например, в случае если значение парциального давления  $e = 17,0$  гПа, то температура точки росы на пересечении целых (17) и десятых (0) составит:  $t_p = 14,9$   $^{\circ}\text{C}$ .

*Удельная влажность*  $q$  (г/кг) – количество водяного пара в граммах, содержащееся в 1 кг влажного воздуха

$$q = 622 e/P,$$

где  $e$  – упругость водяного пара, гПа;  $P$  – атмосферное давление, гПа.

## 4.2. Суточный и годовой ход влажности воздуха

Суточный и годовой ход относительной влажности  $f$  зависит от суточного хода фактического парциального давления  $e$  и суточного хода насыщенного пара  $E$ . При падении температуры относительная влажность растет, при повышении температуры падает. В результате

суточный минимум относительной влажности совпадает с суточным максимумом температуры воздуха, а суточный максимум влажности совпадает с суточным минимумом температуры, т.е. приходится на время восхода солнца (рис. 11).

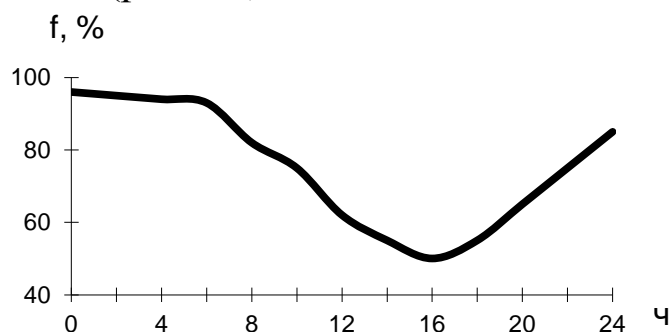


Рисунок 11 – Суточный ход относительной влажности в июле (г. Иркутск)

В годовом ходе относительная влажность воздуха, как правило, также меняется обратно ходу температуры. Например, в Санкт-Петербурге относительная влажность воздуха в мае в среднем составляет 65 %, а в декабре – 88 % (рис. 12).

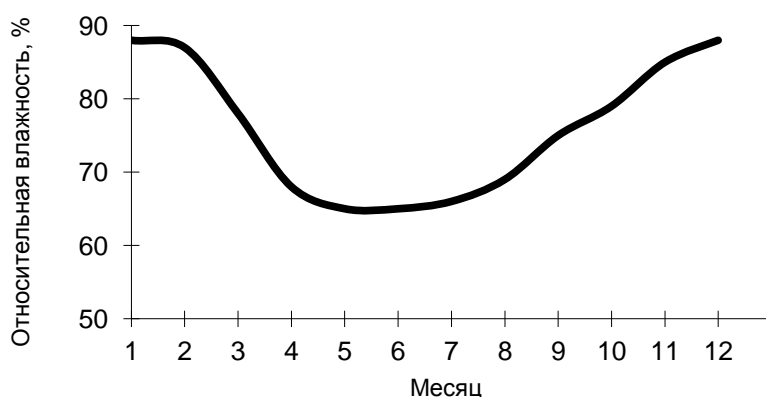


Рисунок 12 – Годовой ход относительной влажности воздуха (г. Санкт-Петербург)

В районах с муссонным климатом минимум относительной влажности приходится на зиму, а максимум – на лето вследствие летнего переноса на сушу масс влажного морского воздуха.

### 4.3. Методы и приборы для измерения влажности воздуха

Влажность воздуха может быть измерена методами: абсолютным (весовым), психрометрическим и гигрометрическим (сорбционным).

Наибольшее распространение получили психрометрический и гигрометрический методы.

*Психрометрический метод* измерения основан на охлаждении одного из двух психрометрических термометров за счет испарения, так как его резервуар обернут кусочком батиста и перед измерением смачивается дистиллированной водой. На этом принципе действуют *станционный* и *аспирационный психрометры*. Станционный психрометр устанавливают в психрометрической будке на метеоплощадке (рис. 13).



*Рисунок 13 – Психрометрическая будка на метеостанции (слева) и станционный психрометр (справа)*

*Аспирационный психрометр* МВ-4М по принципу действия не отличается от станционного психрометра. Главная особенность конструкции этого прибора – наличие аспирационного устройства, обеспечивающего обдувание резервуаров термометров воздухом. Его широко применяют при полевых наблюдениях, так как он удобен при переноске.

*Гигрометрический (сорбционный) метод* измерения влажности воздуха основан на свойстве гигроскопических тел реагировать на изменение влажности воздуха. *Волосной гигрометр* МВ-1 служит для измерения относительной влажности воздуха. Действие прибора основано на свойстве обезжиренного человеческого волоса изменять длину в зависимости от относительной влажности воздуха. *Гигрограф волосной* М-21А применяют для непрерывной регистрации относительной влажности воздуха (рис. 14, 15).

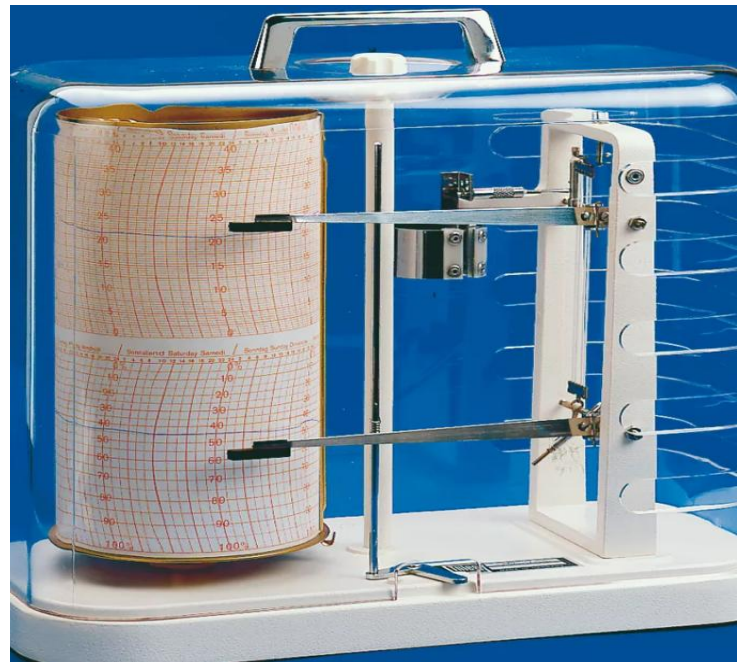


Рисунок 14 – Аспирационный психрометр (слева) и гигрограф волосной (справа)

Приемником влажности является пучок обезжиренных человеческих волос. В зависимости от скорости вращения барабана различают гигрографы двух видов: суточные и недельные.

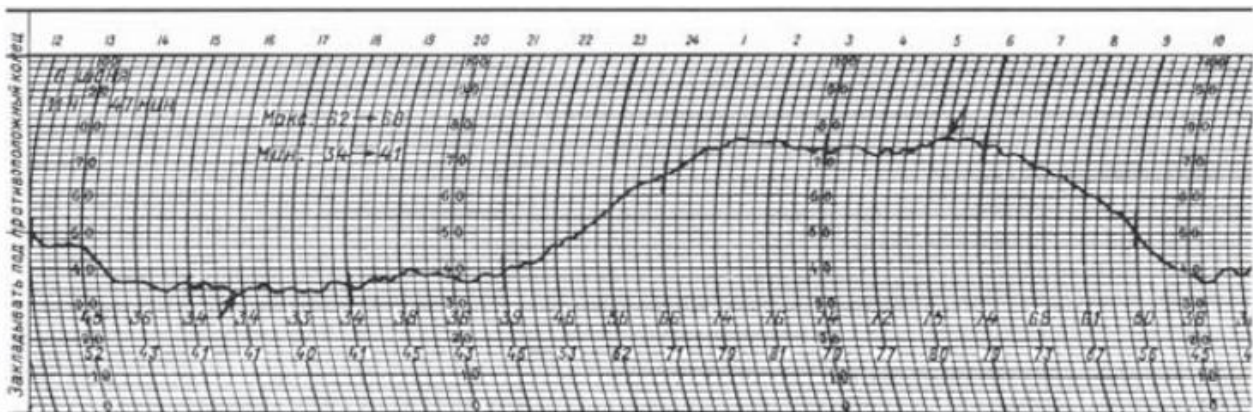


Рисунок 15 – Часть суточной ленты гигрографа с записью

Гигрограф устанавливают в отдельной защитной жалюзийной будке для метеорологических приборов на ее верхней полке.

#### 4.4. Испарение влаги, транспирация и эвапотранспирация

**Испарение** – одно из основных звеньев в круговороте воды на земном шаре, важнейший фактор тепло- и влагообмена растительных и животных организмов. Количественно испарение характеризуется

скоростью испарения ( $V$ ) – массой воды, испарившейся с единицы поверхности в единицу времени.

**Испарение** – потеря воды из почвы в газообразном состоянии. Выражается высотой слоя воды (мм), испарившейся за определенный промежуток времени: сутки, декада, месяц, год.

**Фактически наблюдаемое испарение есть разность двух потоков молекул** – отрывающихся от испаряющейся поверхности и возвращающихся к ней.

**Процесс суммарного испарения зависит от следующих факторов:**

- 1) количество лучистой и тепловой энергии, приходящей к земной поверхности;
- 2) физические свойства почв и растительности, определяющие тепловой баланс и условия поступления воды к испаряющей зоне;
- 3) биологические свойства растительности;
- 4) условия отвода пара от испаряющей поверхности.

**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.

Интенсивность испарения зависит также от *гранулометрического состава почвы*. Песчаные почвы испаряют меньше, чем глинистые, и эта разница тем больше, чем крупнее частицы песка. При диаметре песчинок более 2 мм испарения практически не происходит.

На скорость испарения оказывает влияние *агрофизическое состояние почвы*. Рыхлая почва с разрушенными капиллярами испаряет меньше, чем плотная с узкими капиллярами, по которым влага поднимается к поверхности почвы. П.А. Костычев отмечал, что испарение с поверхности почвы резко уменьшается, если пахотный слой почвы имеет комковатое строение. В этом случае поднятие воды и, следовательно, испарение ее затруднены тем, что между отдельными комками имеются ходы большого размера, препятствующие капиллярным перемещениям воды. Наоборот, порошокобразная, или пылеватая, структура почвы вызывает усиленное испарение с поверхности почвы. На испарение воды почвой оказывает влияние *глубина залега-*

ния грунтовых вод. Чем ближе к испаряющей поверхности залегают грунтовые воды, тем больше испарение.

*Рельеф* обуславливает изменение скорости ветра и различие в температуре почвы. На возвышенностях скорость ветра больше, чем в низинах, вследствие чего скорость испарения на возвышенностях больше. Склоны южной экспозиции прогреваются сильнее, чем северные, поэтому испарение на южных склонах интенсивнее.

*Регулирование испарения с сельскохозяйственных полей*

1. Посадка полезащитных лесных полос (рис. 16).



*Рисунок 16 – Влияние лесных полос на микроклимат и величину испарения*

2. Использование кулис из высокостебельных растений (рис. 17)



*Рисунок 17 – Влияние кулисных культур на накопление снега*

3. Зяблевая обработка почвы, междурядная обработка пропашных культур, ранневесеннее боронование зяби.

4. Покрытие поверхности почвы торфяной крошкой, навозом, древесными опилками, мелкой соломой, листьями и др. – мульчирование.

**Транспирация** (Тр, см/сут, гН<sub>2</sub>О/г сух. в-ва сут) – испарение растениями в атмосферу парообразной влаги в процессе их жизнедеятельности.

Транспирация характеризуется количеством влаги, которое выделяется определенной массой или площадью (1 г или 1 см<sup>2</sup>) сырых (или сухих) листьев в единицу времени. Поэтому наиболее распространенные размерности – см/сут, мм/ч.

Чтобы отделить испарение от транспирации, используют термин «физическое испарение». Он поясняет, что испарение происходит с поверхности почвы или капельно-жидкой влаги с поверхности листьев, но не через устьица, а именно с листовой поверхности.

**Суммарное испарение (эвапотранспирация)** – сумма испарения физического и транспирации.

#### **4.5. Влажность воздуха и ее значение в жизни растений**

Влажность воздуха относится к числу элементов погоды, имеющих существенное значение и для сельскохозяйственного производства. Влажность воздуха оказывает большое влияние на растение. Она в значительной степени обуславливает интенсивность транспирации.

**При высокой температуре и пониженной влажности:**

1) транспирация резко увеличивается, и у растений возникает дефицит воды, что отражается на их росте и развитии;

2) отмечается недоразвитие генеративных органов, задерживается цветение;

3) низкая влажность в период цветения обуславливает пересыхание пыльцы и, следовательно, неполное оплодотворение (у зерновых возможна череззерница);

4) в период налива зерна чрезмерная сухость воздуха приводит к тому, что зерно получается щуплым, урожай снижается;

5) дефицит влаги в воздухе может способствовать мелкоплодности плодовых и ягодных культур;

6) возможна слабая закладка плодовых почек под урожай следующего года;

- 7) снижается качество урожая: структура льноволокна, повышаются хлебопекарные качества пшеницы;
- 8) повышается содержание сахаров в плодах;
- 9) высокая влажность обуславливает преобладание в растениях белков;
- 10) очень неблагоприятно снижение относительной влажности воздуха при недостатке почвенной влаги.

#### **Повышенная влажность воздуха:**

- 1) обуславливает крупноклеточное строение тканей растений, что приводит в дальнейшем к полеганию зерновых культур;
- 2) в период цветения такая влажность воздуха препятствует нормальному опылению растений и снижает урожай, так как меньше раскрываются пыльники, уменьшается лет насекомых;
- 3) повышенная влажность воздуха задерживает наступление полной спелости зерна, увеличивает содержание влаги в зерне и соломе, что, во-первых, неблагоприятно отражается на работе уборочных машин, а во-вторых, требует дополнительных затрат на просушку зерна;
- 4) в теплое время года повышенная влажность воздуха способствует развитию и распространению ряда грибковых заболеваний сельскохозяйственных культур (фитофтороз картофеля и томатов, милдью винограда, белая гниль подсолнечника, различные виды ржавчины зерновых культур и др.). Особенно усиливается влияние этого фактора с увеличением температуры;
- 5) высокая влажность обуславливает преобладание в растениях углеводов;
- б) при низкой влажности возникают засухи и суховеи.

### ***Лабораторная работа 4***

#### ***Расчет основных показателей влажности воздуха***

При решении задач используйте информацию приложения 12.

#### **Вариант 1**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 24,5 °С и смоченного ( $t'$ ) = 15,8 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).



2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 24,8 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 42 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Почему показания «влажного» термометра меньше показаний «сухого» термометра?

### **Вариант 2**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 25,2 °С и смоченного ( $t'$ ) = 16,3 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 25,3 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 51 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Могут ли в ходе опытов температуры «сухого» и «влажного» термометров оказаться одинаковыми?

### **Вариант 3**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 23,9 °С и смоченного ( $t'$ ) = 14,9 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 25,8 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 47 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. При каком условии разность показаний термометров наибольшая?

### **Вариант 4**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 22,1 °С и смоченного ( $t'$ ) = 13,5 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 23,5 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 51 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Может ли температура «влажного» термометра оказаться выше температуры «сухого» термометра?

### **Вариант 5**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 19,5 °С и смоченного ( $t'$ ) = 14,1 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 20,0 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 31 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. «Сухой» и «влажный» термометр психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?

### **Вариант 6**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 18,8 °С и смоченного ( $t'$ ) = 12,8 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 21,1 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 35 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Каким может быть предельное значение относительной влажности воздуха?

### **Вариант 7**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 27,1 °С и смоченного ( $t'$ ) = 19,1 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 22,2 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 40 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?

### **Вариант 8**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 20,2 °С и смоченного ( $t'$ ) = 13,4 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 21,8 °С и относительная влаж-

ность воздуха ( $f$ ) = 55 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °C).

3. Разность показаний сухого и влажного термометров равна 10 °C. Относительная влажность воздуха 20 %. Чему равны показания сухого и влажного термометра?

### **Вариант 9**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 21,1 °C и смоченного ( $t'$ ) = 12,9 °C термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °C).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 21,4 °C и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 40 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °C).

3. Влажность воздуха равна 65 %, а показание сухого термометра равно 10 °C. Какую температуру показывает влажный термометр?

### **Вариант 10**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 27,0 °C и смоченного ( $t'$ ) = 17,3 °C термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °C).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 28,8 °C и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 49 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °C).

3. Температура сухого термометра равна 10 °C, температура влажного термометра 8 °C. Определите относительную влажность воздуха.

### **Вариант 11**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 18,9 °C и смоченного ( $t'$ ) = 10,8 °C термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °C).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 27,2 °C и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 55 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °C).

3. Разность показаний сухого и влажного термометров равна 7 °С. Относительная влажность воздуха 18 %. Чему равны показания сухого и влажного термометра?

#### **Вариант 12**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 22,3 °С и смоченного ( $t'$ ) = 11,1 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 24,2 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 50 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Разность показаний сухого и влажного термометров равна 5 °С. Относительная влажность воздуха 23 %. Чему равны показания сухого и влажного термометра?

#### **Вариант 13**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 19,7 °С и смоченного ( $t'$ ) = 13,5 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 20,7 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 50 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. По волосному гигрометру относительная влажность воздуха 60 %, температура воздуха 21,8 °С. Определите парциальное давление водяного пара, дефицит влажности и точку росы.

#### **Вариант 14**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 21,9 °С и смоченного ( $t'$ ) = 14,9 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 22,2 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 47 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Температура воздуха 15,4 °С, относительная влажность 50 %. Определите месячную величину испарения с поверхности почвы.

### Вариант 15

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 19,9 °С и смоченного ( $t'$ ) = 17,9 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 24,3 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 44 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Температура воздуха 22,9 °С, относительная влажность 63 %. Определите месячную величину испарения с поверхности почвы.

### Вариант 16

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 20,7 °С и смоченного ( $t'$ ) = 14,9 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 21,1 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 40 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Температура воздуха 12,4 °С, относительная влажность 41 %. Определите месячную величину испарения с поверхности почвы.

### Вариант 17

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 17,7 °С и смоченного ( $t'$ ) = 13,5 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 19,4 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 45 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Температура воздуха 21,5 °С, относительная влажность 47 %. Определите месячную величину испарения с поверхности почвы.

### Вариант 18

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 28,8 °С и смоченного ( $t'$ ) = 22,2 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 19,1 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 41 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Температура воздуха 26,5 °С, относительная влажность 57 %. Определите месячную величину испарения с поверхности почвы.

### **Вариант 19**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 24,5 °С и смоченного ( $t'$ ) = 22,1 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 12,2 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 34 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Температура воздуха 26,6 °С, относительная влажность 54,7 %. Определите месячную величину испарения с поверхности почвы.

### **Вариант 20**

1. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температуры сухого ( $t$ ) = 24,7 °С и смоченного ( $t'$ ) = 20,1 °С термометров. Определите относительную влажность воздуха ( $f$ , %) и точку росы ( $t_d$ , °С).

2. Рассчитайте значение упругости водяного пара, если заданы температура сухого термометра ( $t$ ) = 24,3 °С и относительная влажность воздуха ( $f$ ) = 42 %. Определите дефицит насыщения ( $d$ ) и точку росы ( $t_d$ , °С).

3. Разность показаний сухого и влажного термометров равна 8 °С. Относительная влажность воздуха 25 %. Чему равны показания сухого и влажного термометра?

## 5. АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. ОБЛАКА И ПОГОДА. ВЕТЕР И ЕГО РОЛЬ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

### Что необходимо уяснить при работе с главой:

- понимать причины формирования атмосферного давления и атмосферной циркуляции;
- знать суть термина «атмосферное давление», единицы его измерения и причины различий на земной поверхности;
- понимать влияние атмосферного давления на метеорологические условия;
- знать причины формирования циклона и антициклона, их характеристику и влияние на погодные условия местности;
- знать причины и характеристики ветра, понимать его роль в земледелии;
- знать основные приборы для измерения силы и направления ветра, уметь «читать» и пользоваться розой ветров

### 5.1. Атмосферная циркуляция и атмосферное давление

По образному определению В.В. Шулейкина, «машина планеты» работает следующим образом: «Экватор словно горячий паровой котел. Белые шапки полюсов – там холодильники. А топка – это Солнце»:

- 1) лучистое солнечное тепло нагревает котел – воздух экватора;
- 2) нагретый воздух поднимается и течет к холодильникам, там остывает и, опускаясь, течет понизу к экватору.

**Так над Землей вращается огромное воздушное колесо, которое приводит в ход Солнце. Фактически – это первое и главное кольцо атмосферной циркуляции.**

На вращающейся планете возникает сила Кориолиса, которая отклоняет все движущиеся тела, в том числе и воздушные массы, вправо в Северном полушарии и влево в Южном полушарии.

В районах около  $30^\circ$  градусов северной и южной широты движение становится направленным с запада на восток параллельно экватору. В результате теплый воздух, движущийся от экватора и холодный воздух, движущийся от полюса, отклоняются и встречаются примерно на  $30^\circ$  широты, где и происходит накопление воздуха, он опускается вниз и формирует зоны повышенного давления (рис. 18).

**Атмосферное давление** – это сила, с которой давит на единицу земной поверхности столб воздуха, простирающийся от поверхности земли до верхней границы атмосферы (рис. 19).

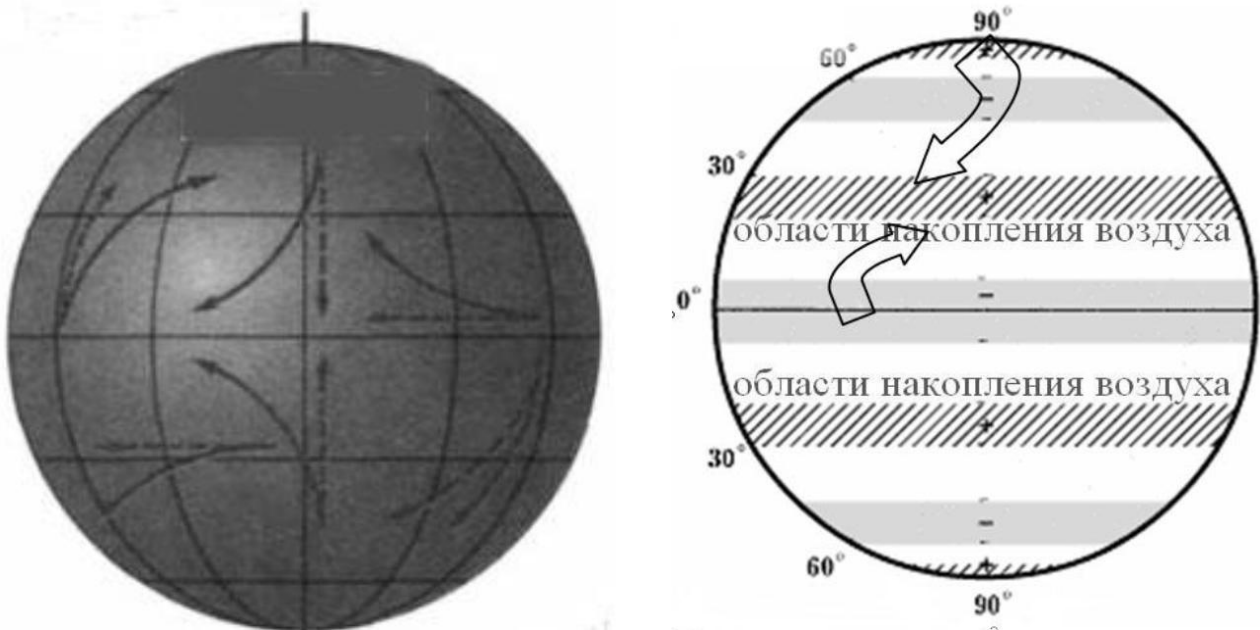


Рисунок 18 – Формирование зон высокого и низкого атмосферного давления

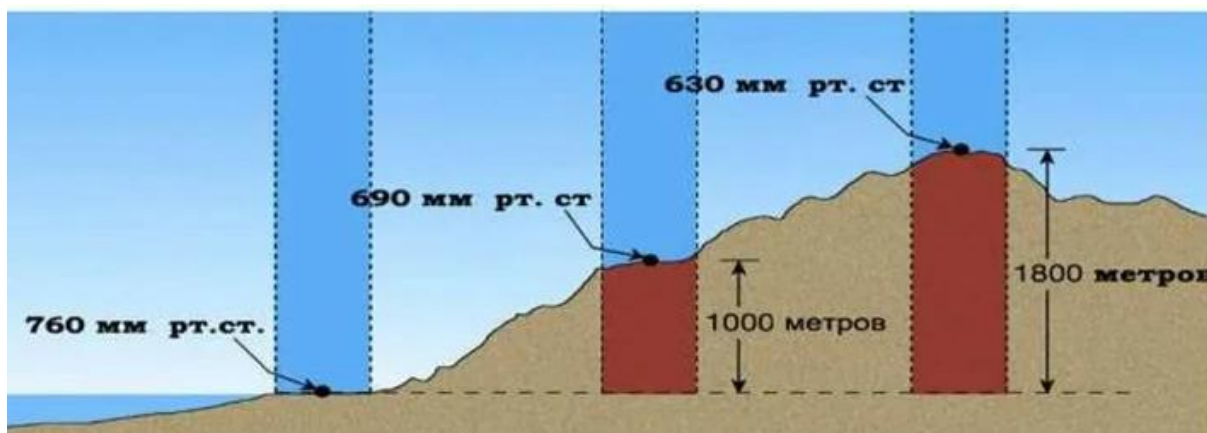


Рисунок 19 – Влияние высоты «столба» на величину атмосферного давления

С 1980 г. в качестве международной единицы (СИ) для измерения атмосферного давления принят паскаль ( $\text{Па} = \text{Н}/\text{м}^2$ ). На практике используют гектопаскаль (гПа), миллибар (мб) и миллиметры ртутного столба (мм рт.ст.):

$$1 \text{ гПа} = 1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм рт. ст.};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ мб} = 1,33 \text{ гПа}.$$

**Известно, что высота ртутного столба в барометре зависит не только от давления, но и от температуры ртути, а также от ускорения свободного давления в точке наблюдения, которая изменяется как с высотой над уровнем моря, так и с широтой местности.**



Поэтому показание ртутного барометра на всех метеостанциях приводят к одинаковым условиям – к уровню моря. При этом условное давление, равное 760 мм рт. ст., называют нормальным атмосферным давлением.

*Приведение атмосферного давления к уровню моря*

Атмосферное давление с помощью формулы приводят к уровню моря

$$P_m = P_{ст} + H/h,$$

где  $P_{ст}$  – давление на метеостанции, гПа;

$H$  – высота станции над уровнем моря (превышение одного пункта над другим), м;

$h$  – барическая ступень, гПа на 1 м.

Приведенное давление передают в центр гидрометеорологической службы, где его значение наносят на синоптическую карту.

Для небольшой разности высот между двумя уровнями (до 1000 м) превышение одного пункта над другим ( $H$ ) вычисляют по формуле Бабинне

$$H = \frac{[8000 \cdot 2(P_0 - P) \cdot (1 + \alpha \cdot \frac{t_0 + t}{2})]}{P_0 + P},$$

где  $H$  – разность высот двух уровней, или превышение одного пункта над другим, м;

$P_0$  и  $P$  – давление воздуха соответственно на нижнем и на верхнем уровне, гПа;

$\alpha$  – коэффициент объемного расширения воздуха,  $\alpha = 0,004$  1/°C;

$t_0$  и  $t$  – температура воздуха соответственно на нижнем и верхнем уровнях, °C.

$H$  рассчитывается в связи с тем, что с высотой давление уменьшается.

**Изменение давления с высотой** характеризуется *барической (барометрической) ступенью* – расстоянием ( $h$ , м) по вертикали, на котором давление меняется на 1 гПа.

Определяют ее из уравнения Бабинне

$$h = \frac{8000 (1 + \alpha t)}{P},$$

где  $t$  – температура в точке, для которой рассчитывается барическая ступень °C,

$P$  – давление воздуха, гПа, в точке, для которой вычисляют барическую ступень  $h$ ;

$\alpha$  – коэффициент объемного расширения воздуха – 0,004, 1/°C.

### *Понятие о циклоне и антициклоне*

**Циклон** – восходящие атмосферные вихри с наклонной осью вращения, проявляющиеся у поверхности земли замкнутой областью пониженного давления (барический минимум) с циклонической системой ветров от периферии к центру области (против часовой стрелки в Северном полушарии). Прохождение циклонической серии в среднем занимает 5–6 суток, но в отдельных случаях может продолжаться и значительно дольше (рис. 20).



*Рисунок 20 – Циклон, вид из космоса*

За несколько суток может перемещаться на большие расстояния (несколько тысяч км), меняя по пути режим погоды.

#### **Погода в циклоне:**

- 1) усиливается ветер, его направление может меняться;
- 2) температура колеблется;
- 3) высокая облачность и осадки (в передней части циклона – обложные, в тыловой – ливневые).

Приближение циклона отмечается по снижению атмосферного давления и по первым облакам.

**Антициклон** – нисходящие атмосферные вихри с наклонной осью, проявляющиеся у поверхности земли замкнутой областью повышенного давления (барический максимум) с антициклонической системой ветров от центра к периферии области (по часовой стрелке в Северном полушарии).

**Это единый процесс** – происходит во фронтальной зоне:

в одном районе создается недостаток воздуха (низкое давление) – возникает циклон;

в другом районе – избыток массы воздуха – возникает антициклон (рис. 21).

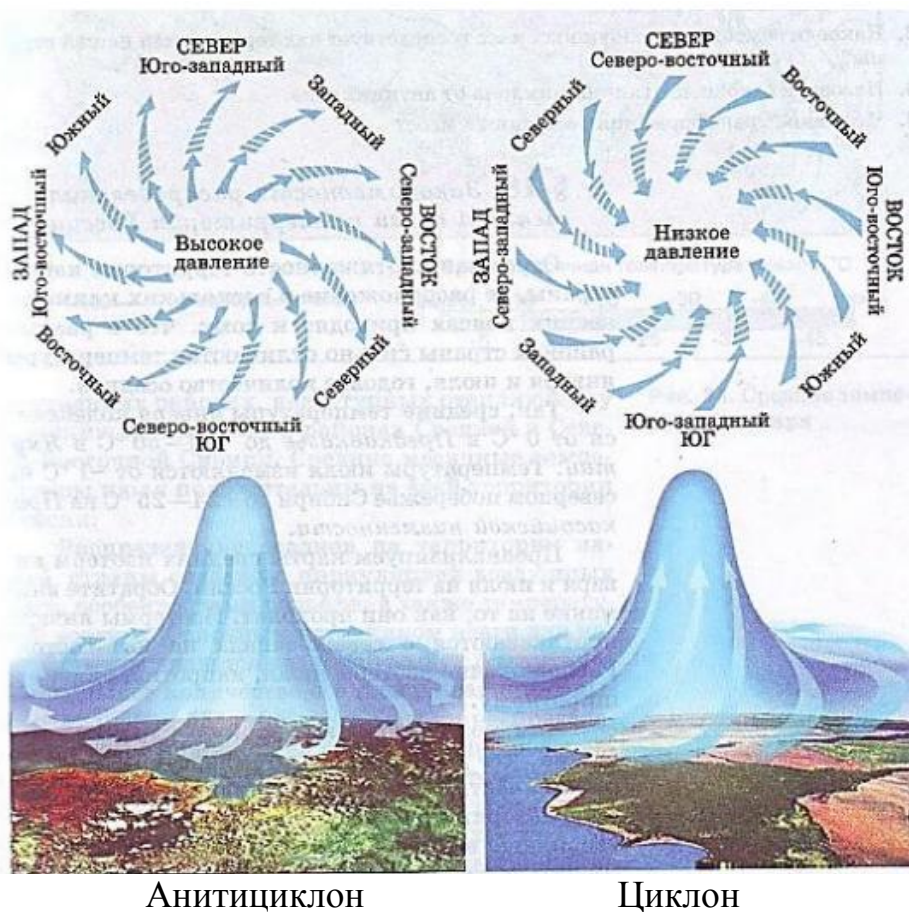


Рисунок 21 – Формирование циклона и антициклона

Как правило, антициклон возникает в тылу холодного фронта молодого циклона. По мере развития антициклона слои воздуха оседают, что приводит к их нагреванию.

Погода в антициклоне – малооблачная и сухая.

## 5.2. Облака и погода

**Облака** – это взвешенные скопления в атмосфере продуктов конденсации и сублимации водяного пара в форме мельчайших капель и кристаллов.

Специалистам сельского хозяйства, агрономам, агрохимикам-почвоведом, агроэкологам необязательно вникать во все многообразие форм и видов облаков. Однако данным специалистам важно уметь оценивать облачность визуально. Необходимо представлять в общих чертах возможность или невозможность выпадения осадков в самое ближайшее время. В таблице 16 приведены классификация облаков и указания о возможности выпадения осадков.

Таблица 16 – Классификация облаков

Класс облаков	Основная форма	Высота образования	Выпадающие осадки
1.Облака верхнего яруса	Перистые	Более 6 км	Мелкие ледяные кристаллы
	Перисто-кучевые	-//-	Осадки не выпадают
	Перисто-слоистые	-//-	Ледяные иглы
2.Облака среднего яруса	Высококучевые	От 2 до 6 км	Осадки земли не достигают
	Высокослоистые	-//-	Зимой выпадает снег; летом – осадки земли не достигают
3.Облака нижнего яруса	Слоистые	Ниже 2 км	В холодное полугодие: иногда морось, мелкий снег, снежная крупа. В теплое полугодие: редко моросящие осадки
	Слоисто-кучевые	-//-	Обычно осадки не выпадают
	Слоисто-дождевые	-//-	Обложные осадки в виде дождя или снега
4. Облака вертикального развития	Кучевые	На высоту тропосферы	Осадки не выпадают
	Кучево-дождевые	-//-	Ливни, град

При исследовании облаков и при наблюдениях за ними пользуются атласом облаков с фотографиями. На рисунке 22 приведены основные формы облаков и их названия.

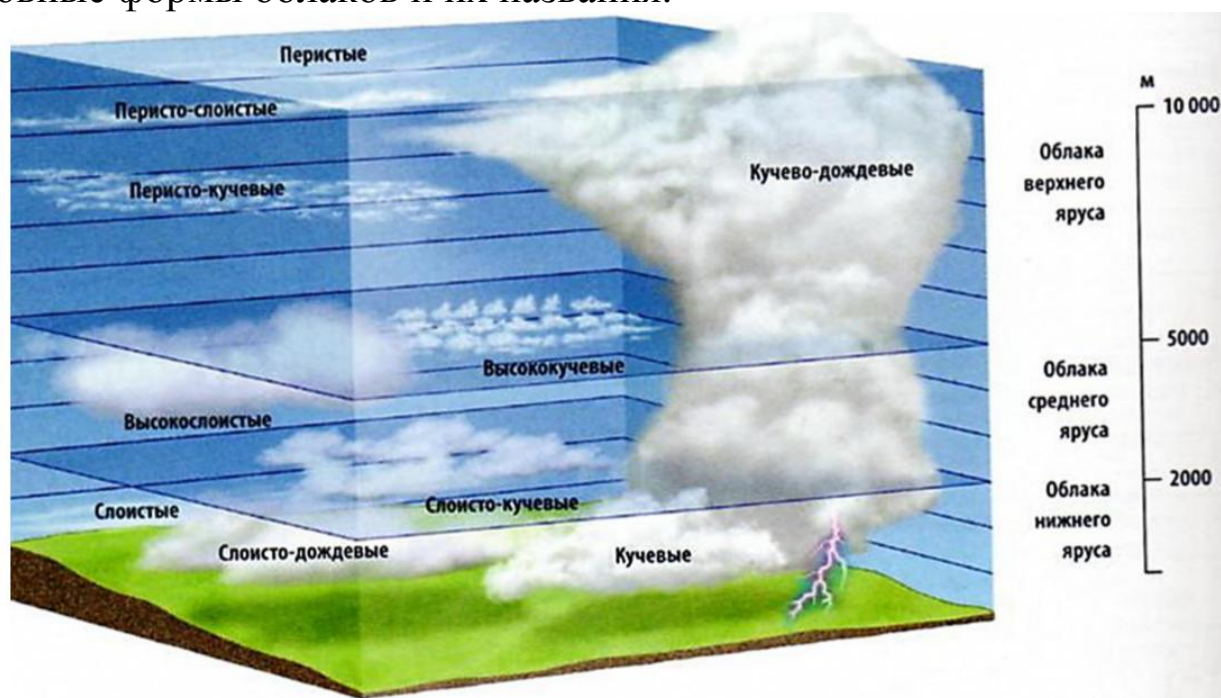


Рисунок 22 – Основные формы облаков по высотным ярусам

## *Прогнозирование погоды по облакам*

### **1. Облака верхнего яруса:**

а) если перистые облака верхнего яруса в виде нитей, когтей, нитей с крючками надвигаются и уплотняются, а их количество возрастает, то следует ожидать:

- сильного ветра;
- осадков;
- плохой видимости, т.е. ненастной погоды;

б) быстрое движение перистых облаков указывает на большую скорость перемещения фронта циклона; в этом случае ненастная погода возможна через 10–12 ч.

При медленном движении облаков они уплотняются и снижаются, ненастная погода с сильными ветрами возможна через 1–3 суток.

Если перистых облаков мало и они рассеяны по небу, то это означает, что в данном районе предстоящая погода в ближайшие 6–12 ч будет с переменной облачностью, без осадков, со слабыми и умеренными ветрами;

в) появляющиеся после полудня и исчезающие к вечеру – признак установившейся хорошей погоды. Они наблюдаются в центральной части антициклона;

г) вытягивание перистых облаков верхнего яруса в виде длинных узких полос, выходящих из одной точки горизонта, означает, что в ближайшие 6–12 ч выпадут обильные осадки и подует сильный штормовой ветер. Такая форма перистых облаков образуется при очень сильном ветре на высотах, где они располагаются;

д) быстрое движение облаков верхнего яруса с западной или южной стороны предвещает наступление в ближайшие 6–12 ч продолжительной ненастной погоды с сильными ветрами и осадками;

е) тонкие, прозрачные перисто-слоистые облака верхнего яруса, постепенно заволакивающие весь небосвод беловатой нежной пеленой, лишь слегка ослабляющей лучи солнца, признак приближения теплого фронта циклона. Следует ожидать:

- обложных осадков;
- усиления ветра через 12–23 ч, а иногда в течение ближайших 6–12 ч;

ж) перисто-кучевые облака верхнего яруса, покрывающие все небо или большую его часть, всегда указывают на приближение холодного фронта.

Если количество перисто-кучевых облаков постепенно увеличивается, следует ожидать ливневых осадков, сильных ветров с последующим похолоданием.

Перисто-кучевые облака в виде мелкой ряби, быстро движущиеся, появляющиеся вместе с движущимися перистыми или перисто-слоистыми, предвещают в ближайшие 6–12 ч прохождение шквалистого ветра.

**2. Облака среднего яруса.** Это облака «хорошей погоды», похожи на вату. Небольшие кучевые облака дождем не проливаются, но если они увеличиваются и растут по высоте, это признак того, что скоро будет сильный дождь. Это часто случается летом, когда утренние кучевые облака днем превращаются в кучево-дождевые.

### 5.3. Местные признаки погоды

Погода – это непрерывно меняющееся физическое состояние атмосферы в конкретной местности в данный момент времени или в некоторый промежуток времени (сутки, неделя, декада, месяц).

Складывающиеся погодные условия оказывают существенное воздействие на многие виды хозяйственной деятельности людей: сельскохозяйственное производство, все виды воздушного, наземного и водного транспорта, строительство, рыболовство и др., а также на физическое и эмоциональное состояние людей. Одни и те же погодные условия оказываются благоприятными для одних отраслей экономики и неблагоприятными – для других. Например, обильные зимние снегопады благоприятны для формирования запасов почвенной влаги на сельскохозяйственных полях и накопления запасов воды в горах, в реках и водохранилищах к началу вегетационного периода.

*Признаки сохранения устойчивой погоды без осадков*

**Облачность и туманы.** Летом ясная погода редко может удерживаться круглые сутки. Обычно после ясной ночи с 9–11 ч утра на небосклоне начинает развиваться кучевая облачность. Если утренние кучевые облака плоские, растекаются в сторону и не растут вверх, маловероятно, что они превратятся в кучево-дождевую облачность. Если такие облака не растут вверх, то послеполуденная гроза маловероятна. В ясные ночи, когда воздух сильно охлаждается, иногда к утру в понижениях рельефа возникают туманы, стелющиеся над землей. Это характерное явление устойчиво хорошей погоды; примета: «Летний туман – к ясной погоде».

Осенью ночной туман после восхода солнца поднимается и превращается в сплошную слоистую облачность, утро кажется пасмурным, предвещающим ненастный день, но к 9–10 ч облачность разрывается и переходит в кучевую или совсем исчезает – сияет солнце. Зимой, обычно при сильном морозе, в течение нескольких суток может сохраняться совершенно безоблачная, ясная погода. Дым из труб поднимается столбом вверх.

**Температура воздуха.** Зимой, после ненастья и установления ясной погоды температура обычно понижается и день ото дня становится все холоднее. Чем резче похолодание, тем увереннее произойдет сохранение продолжительного периода ясной погоды. Для ясной погоды характерен суточный ход температуры воздуха: повышение после восхода солнца до 14–15 ч, а затем непрерывно понижается до утра следующего дня.

Весной и осенью после теплого солнечного дня ранним утром трава часто покрывается инеем, а летней ночью выпадает роса. Земля ночью охлаждается быстрее, чем воздух; нижние слои воздуха, соприкасаясь с ней, также охлаждаются и выделяют влагу в виде капель росы на поверхности земли и растительности. Примета: «Сильная ночная роса – к ясному дню».

**Ветер.** Сразу после ненастья, когда ясная погода только устанавливается и продолжается похолодание, обычно дует сильный порывистый северный ветер, который постепенно ослабевает. Чем сильнее северный ветер, тем увереннее можно рассчитывать на сохранение ясной погоды. Ветер обычно усиливается днем и ослабевает ночью.

**Атмосферное давление.** Если стрелка барометра при постукивании отклоняется вправо, можно ожидать сохранения ясной погоды.

**Световые явления.** Чисто-голубой цвет неба служит признаком сохранения ясной погоды. Окраска вечерних и утренних зорь зависит от количества водяного пара и пыли в атмосфере: чем больше водяного пара, тем краснее утренняя зоря. Чистый закат солнца, переходящий в желтый цвет у горизонта, – сохранение ясной погоды. Примета: «Чистый закат солнца – к ведру (сухой погоде)». Такой закат особенно характерен при вторжении холодного воздуха, за которым следует период ясной погоды.

Таким образом, малооблачная погода без осадков наблюдается при антициклонах. Важнейшим признаком этого является ярко выраженный суточный ход метеорологических величин. Атмосферное

давление мало меняется во времени или незначительно увеличивается. В дневные летние часы наблюдается усиление ветра и значительное повышение температуры почвы и воздуха. К полудню обычно развиваются отдельные кучевые облака в виде «шапок», которые к вечеру постепенно сокращаются в размерах, растекаются и исчезают. Ночи обычно прохладные, безветренные, небо безоблачно. В результате ночного излучения на подстилающей поверхности может образоваться роса, а в понижениях рельефа или вблизи водоемов, где влажность воздуха обычно более высокая, возможно образование радиационного тумана, который с восходом солнца быстро рассеивается. Вечерняя заря золотистого или даже зеленого цвета.

#### *Признаки наступления ненастной погоды*

**Облачность и туманы.** Пасмурная погода характерна для циклонов и атмосферных фронтов – теплых и холодных. Ненастная погода с продолжительными обложными осадками, сплошной низкой облачностью и туманами наблюдается при прохождении теплых фронтов в передней и центральной частях циклонов. Признаками приближения теплых фронтов, а следовательно, и продолжительных обложных осадков является медленное падение атмосферного давления и появление облаков. Сначала появляются тонкие перистые и перисто-слоистые облака верхнего яруса – предвестники ненастья. Перистые облака рассеивают свет солнца и луны, обычно вокруг них образуется светлый круг – гало. В дальнейшем перисто-слоистые облака уплотняются и переходят в другую форму – высокослоистых облаков. Одновременно с этим уменьшается и исчезает гало. Фронтальные облака уплотняются с одной стороны горизонта. Если наблюдатель встанет спиной к ветру, то это уплотнение окажется слева от него, т.е. там, где должно быть низкое давление. Если это правило не выполняется, то такие высокие облака чаще всего не развиваются в дождевые облака.

Если утренние кучевые облака к полудню не растут вверх, а выше их небо затягивается пеленой высоких облаков, то это признак приближения дождя. Из высокослоистых облаков могут выпадать слабые осадки. За высокослоистыми облаками надвигаются мощные слоисто-дождевые облака темного цвета. Из них выпадают продолжительные, обложные осадки.

**Температура.** В передней части циклона обычно расположен теплый фронт. С его приближением вверху увеличивается слой теплого воздуха, излучающий тепло. Зимой это вызывает ослабление



морозов задолго до прихода теплого фронта. Летом, в результате увеличения облачности, сглаживается суточный ход температуры воздуха, и ночь перед наступлением дождливой погоды бывает необычно теплой (вынос тепла). Роса не образуется. Примета: «Если утром трава суха, к ночи ожидай дождя». Из-за нарушения суточного хода температуры перед ухудшением погоды вечером и ночью сглаживаются различия в температуре воздуха в низине и на возвышенностях. Но в отдельных случаях формируется туман адвективного типа, который не рассеивается с восходом солнца.

**Ветер.** Важным признаком приближения циклона является усиление ветра независимо от времени суток. Большое значение имеет направление ветра. Обычно циклоны движутся с запада, юго-запада на восток, поэтому в их передней части преобладают юго-восточные, южные и реже, если циклон выходит с юга, восточные ветры.

**Атмосферное давление.** Если стрелка барометра-анероида при постукивании по стеклу прибора отклоняется влево, то это является важным признаком приближения циклона.

**Световые явления.** Одним из признаков приближающегося ненастья является красный цвет вечерней зари. Если накануне вечерняя заря была оранжевой или розовой, а на следующий день приобрела багровую окраску, причиной является приближение более влажной воздушной массы с запада, и следует ожидать осадков. Тонкие облака верхнего яруса рассеивают солнечный свет и делают краски заката мутными («нечистыми»). Погода с осадками может сохраниться в течение нескольких суток при низкой сплошной облачности после прохождения теплого фронта и циклонов. Основными признаками сохранения ненастной погоды являются продолжение падения атмосферного давления при длительных, без заметного усиления или ослабления осадках и слабовыраженный дневной ход температуры воздуха. Зимой пасмурная погода с туманами и слабыми осадками может удерживаться очень долго при западных ветрах.

После прохождения фронтов и циклонов постепенно устанавливается малооблачная погода, ее признаки: рост атмосферного давления, ослабление ветра, восстановление суточного хода метеорологических величин, появление росы или тумана в утренние часы.

#### *Прогноз прояснений («улучшения погоды»)*

**Облачность и осадки.** О предстоящем улучшении погоды можно судить по приходу холодного фронта. Момент прохождения холодного фронта можно установить по изменению цвета облачности –

серая пелена облаков становится темной, на ее фоне появляются отдельные облачные «клубы». Кратковременно дождь усиливается, иногда переходит в ливень (снегопад). Отклонение высоких облаков влево от направления движения более низких облаков служит признаком того, что холодный фронт прошел и следует ожидать улучшения погоды.

**Температура.** Похолодание при ненастье является очень верным признаком скорого прекращения осадков. Чем сильнее похолодание, тем надежнее этот признак.

**Ветер.** Чем быстрее движется циклон, тем скорее проходит его тыловая часть. Резкий переход порывов ветра на западное или северо-западное направление означает приход тыловой части циклона. Скорость движения циклона тесно связана с силой ветра. Примета: «Сильный ветер во время дождя предвещает хорошую погоду».

**Атмосферное давление.** Признаком коренного улучшения погоды может быть только неоднократное отклонение (при постукивании) стрелки барометра вправо.

#### 5.4. Ветер и его роль в земледелии

**Ветер, или адвекция,** – движение воздуха в горизонтальном направлении относительно земной поверхности.

**Причины ветра** – неравномерное поступление тепла к поверхности земли приводит к неравномерному распределению атмосферного давления, а разность давления приводит к движению воздуха из областей высокого давления в области с низким давлением, которое воспринимается нами как ветер.

Для ветра характерна также и вертикальная составляющая, но она значительно меньше горизонтальной, труднее определяется инструментально и чаще всего вычисляется тем или иным способом

**Характеристики ветра:**

- а) направление;
- б) скорость;
- в) порывистость.

**Направление ветра** – та часть горизонта, откуда дует ветер.

Определяется по 8 румбам. Для анализа повторяемости используют график – **розу ветров** (рис. 23).

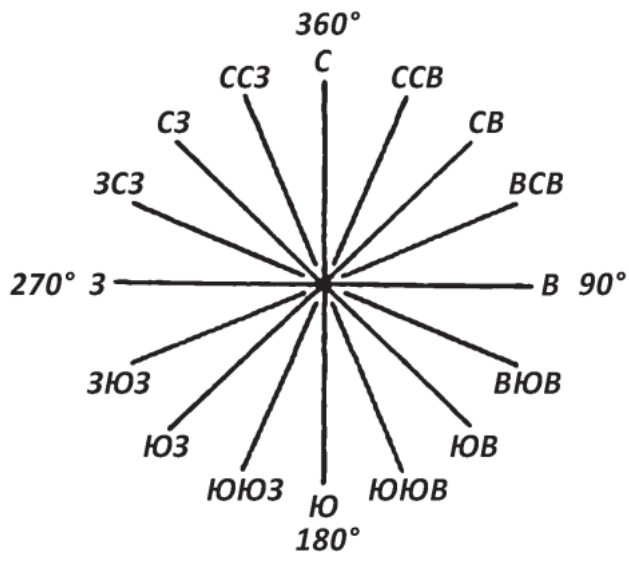
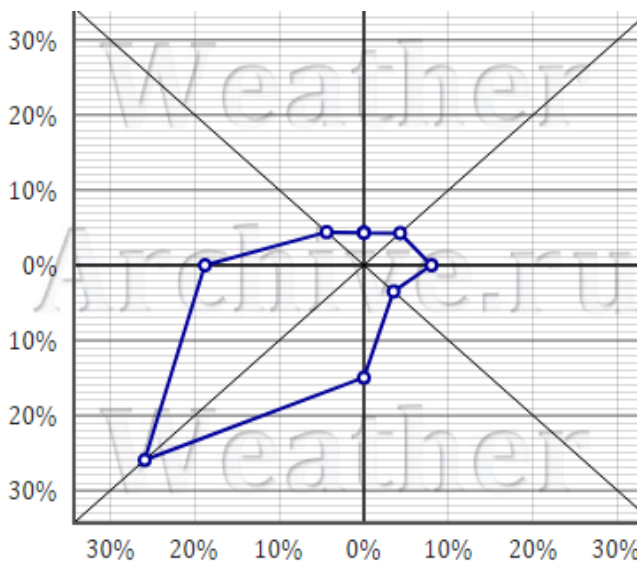


Рисунок 23 – Роза ветров по средним многолетним данным для г. Красноярска (слева) и расположение румбов (справа)

При измерении направления в градусах принимают север за 360 или 0°, восток – 90°, юг – 180°, запад – 270°. Расстояние между соседними румбами составляет 22,5 °С.

**Роза ветров** – диаграмма, представляющая режим ветра в данной местности (обычно по многолетним данным) за месяц, сезон или год.

Из центра диаграммы радиально расходятся линии (8, иногда 16) основных направлений ветра. Длина этих линий пропорциональна повторяемости ветров данного направления.

Роза ветров показывает, ветры каких направлений господствуют в течение определенного отрезка времени (года, сезона, месяца) на данной территории.

**Знание розы ветров необходимо:**

- 1) при внесении удобрений на поля и опрыскивании агрохимикатами;
- 2) постройке животноводческих ферм;
- 3) расположении навозохранилищ в районе жилых домов;
- 4) в пчеловодстве: медоносные растения нужно высевать на поле с выветренной стороны от расположения пасеки – пчелы будут лететь к пасеке при попутном ветре:



- 5) выборе направления ветрозащитных лесополос;
- б) создании снежных валов на полях в зимнее время.

**Скорость ветра** – быстрота передвижения воздуха относительно земной поверхности (выражается в м/с или км/ч или условных единицах (баллах). Для перевода скорости ветра, измеренного в м/с, в км/ч, следует величину скорости в м/с умножить на 3,6. Например, при скорости ветра 20 м/с умножаем 20 на 3600 с (т. е. 1 час) и делим на 1000 м (т. е. 1 км) = 72 км/ч.

Если определение скорости ветра планируется измерять в баллах, то применяется шкала Бофорта, тогда принято говорить о силе ветра.

*Пример использования шкалы Бофорта:*

**0 баллов** – штиль – дым поднимается вертикально, листья неподвижны

.....

**3 балла** – слабый ветер – листья и тонкие ветви постоянно колеблются

....

**5 баллов** – свежий – качаются большие ветви

....

**9 баллов** – шторм (18–21 м/с) – ломаются большие ветви, сдвигаются легкие предметы

....

**12 баллов** – ураган (> 29 м/с) – катастрофические разрушения.

**Порывистость** – это быстрое изменение направления и силы ветра в данной точке пространства.

**Турбулентность ветра** связана с общей атмосферной турбулентностью, проявляющейся в том, что в ходе движения воздушных масс отдельные количества воздуха могут двигаться не по параллельным путям. В результате в воздухе на фоне общего потока движущейся воздушной массы возникает множество струй и вихрей разных размеров. При увеличении турбулентности ветра возрастает его порывистость, неустойчивость скорости и др.

*Значение ветра в сельском хозяйстве*

**Положительное влияние ветра:**

- 1) способствует перемешиванию воздуха, поддерживая постоянство газового состава атмосферы;
- 2) переносит влажный воздух с морей и океанов в глубь материков, обеспечивая растения влагой;
- 3) способствует опылению растений и переносу семян дикорастущих трав и деревьев;

4) во влажные весны – способствует подсыханию верхних слоев почвы, зерна в валках при уборке.

#### **Отрицательное влияние ветра:**

1) усиливает непродуктивное испарение с поверхности почвы (возможен дефицит влаги);

2) возможно проявление ветровой эрозии;

3) происходит механическое повреждение плодовых деревьев;

4) сильный ветер препятствует лету насекомых, пчел;

5) переносит семена сорных растений и личинки вредителей с одного поля на другое;

б) в период созревания зерновых сильный ветер выбивает зерно из колоса и осыпает его на почву.

### ***Лабораторная работа 5.1***

#### ***Приведение атмосферного давления к уровню моря***

##### ***Задание***

1. Рассчитайте барическую ступень ( $h$ ).
2. Рассчитайте превышение одного пункта над другим ( $H$ ).
3. Рассчитайте атмосферное давление ( $P_M$ ) на метеостанции.

##### ***Вариант 1***

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

1)  $t_0 = 29 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

2)  $t = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

3)  $P_0 = 1000 \text{ гПа}$ ;

4)  $P = 970 \text{ гПа}$ ;

5)  $\alpha = 0,004 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ ;

б)  $P_0 = P_{\text{ст}}$ .

##### ***Вариант 2***

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

1)  $t_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

2)  $t = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

3)  $P_0 = 1013 \text{ гПа}$ ;

4)  $P = 980 \text{ гПа}$ ;

5)  $\alpha = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ;

6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 3

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

1)  $t_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

2)  $t = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

3)  $P_0 = 1009 \text{ гПа}$ ;

4)  $P = 988 \text{ гПа}$ ;

5)  $\alpha = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ;

6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 4

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

1)  $t_0 = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

2)  $t = -35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

3)  $P_0 = 1025 \text{ гПа}$ ;

4)  $P = 998 \text{ гПа}$ ;

5)  $\alpha = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ;

6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 5

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

1)  $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

2)  $t = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

3)  $P_0 = 970 \text{ гПа}$ ;

4)  $P = 959 \text{ гПа}$ ;

5)  $\alpha = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ;

6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 6

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

1)  $t_0 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

2)  $t = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

3)  $P_0 = 991 \text{ гПа}$ ;

- 4)  $P = 979$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 7

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = -1$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -9$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1001$  гПа;
- 4)  $P = 990$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 8

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 1$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -7$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 985$  гПа;
- 4)  $P = 977$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 9

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = -14$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -22$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1019$  гПа;
- 4)  $P = 1008$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 10

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 34$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = 20$   $^\circ\text{C}$ ;

- 3)  $P_0 = 1022$  гПа;
- 4)  $P = 1001$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$  1/°C;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 11

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 22$  °C;
- 2)  $t = 11$  °C;
- 3)  $P_0 = 995$  гПа;
- 4)  $P = 977$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$  1/°C;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 12

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 19$  °C;
- 2)  $t = 10$  °C;
- 3)  $P_0 = 1011$  гПа;
- 4)  $P = 1004$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$  1/°C;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 13

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 11$  °C;
- 2)  $t = 7$  °C;
- 3)  $P_0 = 1007$  гПа;
- 4)  $P = 993$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$  1/°C;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 14

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 17$  °C;
- 2)  $t = 10$  °C;
- 3)  $P_0 = 974$  гПа;



- 4)  $P = 966$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 15

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = -18$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -23$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1044$  гПа;
- 4)  $P = 997$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 16

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 15$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = 4$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1018$  гПа;
- 4)  $P = 990$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 17

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 3$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -4$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1018$  гПа;
- 4)  $P = 1000$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 18

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 20$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = 11$   $^\circ\text{C}$ ;

- 3)  $P_0 = 1030$  гПа;
- 4)  $P = 1004$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 19

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = -12$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -20$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1004$  гПа;
- 4)  $P = 988$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 20

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = -40$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -49$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1034$  гПа;
- 4)  $P = 999$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 21

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 19$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = 7$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1019$  гПа;
- 4)  $P = 991$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 22

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 11$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = 1$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1004$  гПа;

- 4)  $P = 972$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 23

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = -2$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = -7$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1009$  гПа;
- 4)  $P = 998$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 24

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 27$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = 19$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1012$  гПа;
- 4)  $P = 994$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

### Вариант 25

Рассчитайте барическую ступень ( $h$ , м), превышение одного пункта над другим ( $H$ , м), а также приведите давление к уровню моря ( $P_M$ ), если дано:

- 1)  $t_0 = 24$   $^\circ\text{C}$ ;
- 2)  $t = 9$   $^\circ\text{C}$ ;
- 3)  $P_0 = 1024$  гПа;
- 4)  $P = 973$  гПа;
- 5)  $\alpha = 0,004$   $1/^\circ\text{C}$ ;
- 6)  $P_0 = P_{\text{ст.}}$

## Лабораторная работа 5.2. Построение розы ветров и ее анализ

### Задание

1. Постройте розу ветров (исходные даны в табл. 17 – повторяемость ветров дана в %; сумма всех направлений ветра за месяц – 100 %).

Таблица 17 – Исходные данные для построения розы ветров

Показатель	Вариант																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
С	11	5	7	6	7	5	2	5	16	15	15	6	11	6	8	7	3	5	7	7
СВ	14	7	8	6	6	5	11	5	17	19	18	8	15	6	7	7	9	7	5	8
В	20	15	12	10	5	10	9	10	14	13	11	9	20	9	11	8	11	8	9	8
ЮВ	17	10	11	22	5	10	8	10	4	3	2	11	16	20	13	21	7	10	9	9
Ю	10	22	14	20	17	15	18	15	11	10	10	12	11	21	20	21	21	19	15	17
ЮЗ	11	26	20	23	17	14	25	15	11	13	12	14	15	27	14	25	24	23	26	22
З	6	7	8	7	21	15	15	26	17	16	20	27	8	8	17	8	17	15	15	14
СЗ	6	3	17	3	16	24	10	10	10	11	10	9	4	2	8	3	8	10	10	12
Штиль	5	5	3	3	6	2	2	4	0	0	2	4	0	1	2	0	0	3	4	3
Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Год	20...										20...									

2. Для построения розы ветров начертите восемь румбов направлений, затем в масштабе (1 мм – 1 %) отложите на румбах значение повторяемости каждого направления и точки соедините прямыми линиями. В центре розы ветров покажите число штилей (круг в центре графика в соответствии с принятым масштабом). Пример на рисунке 24.

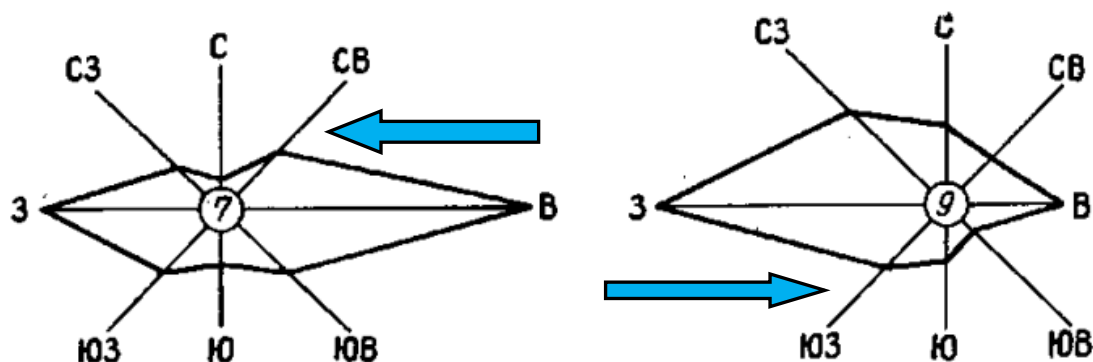


Рисунок 24 – График розы ветров с представлением информации и количестве дней со штилем

На рисунке наиболее вытянутая сторона розы ветров показывает направление господствующего ветра (к центру): на левом рисунке преобладает ветер восточного направления, а на правом – западного.

3. Проанализируйте розу ветров в интересах земледелия и сельского хозяйства. Определите:

а) преимущественное направление ветра;

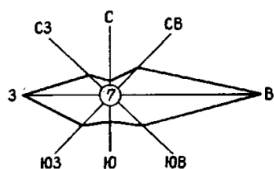
б) количество дней с данным направлением ветра;

в) составьте схему размещения животноводческой фермы; относительно жилой зоны, а также схему размещения лесных полос относительно сельскохозяйственных полей (агроландшафтов).

Выполненное задание оформите по следующему образцу

Вариант № ...

Направление ветра	%	Число дней
С		
СВ		
В		
ЮВ		
Ю		
ЮЗ		
З		
СЗ		
Штиль		



Лесная полоса	поле	Лесная полоса	поле	Лесная полоса
---------------	------	---------------	------	---------------

дорога

Лесная полоса	ферма	Лесная полоса	жилая зона	Лесная полоса
---------------	-------	---------------	------------	---------------

дорога

Лесная полоса	пасека	Лесная полоса	поле	Лесная полоса
---------------	--------	---------------	------	---------------

## **6. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ И ОПАСНЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

В агрометеорологии особо опасными явлениями считаются такие, которые по своей интенсивности, продолжительности воздействия, площади распространения или времени возникновения (например, в критический период жизни растений) могут нанести или наносят значительный ущерб сельскохозяйственным посевам.

К агрометеорологическим явлениям, опасным для сельскохозяйственного производства, в теплый период года относят: заморозки, засухи, суховеи, пыльные бури, сильные ливни и град.

### **6.1. Заморозки, их классификация и опасность**

**Заморозком** называется кратковременное понижение температуры воздуха или поверхности почвы (травостоя) до 0 °С и ниже, наблюдаемое ночью (вечером, утром) в вегетационный период на фоне положительных средних суточных температур воздуха.

Заморозки обычно наблюдаются весной и осенью (в северных регионах и в высокогорьях даже летом) при антициклональной погоде, на гребнях повышенного атмосферного давления, при высоком эффективном излучении подстилающей поверхности и при слабом ветре.

Особенно опасны поздние весенние и ранние осенние заморозки, совпадающие с периодом активной вегетации растений, ограничивающие использование агроклиматических ресурсов вегетационного периода конкретной территории. Поэтому информация об интенсивности заморозков, о сроках их прекращения весной и возникновения осенью чрезвычайно важна. Эта информация также используется для оценки заморозкоопасности территории для принятия решений о размещении теплолюбивых культур, выбора сроков сева и уборки сельскохозяйственных культур, способов их защиты с целью снижения возможного ущерба от этого опасного явления природы.

#### **Классификация заморозков**

1. Адвективные.
2. Радиационные (утренние).
3. Адвективно-радиационные (смешанные).

### *Адвективные заморозки*

1. Возникают в результате вторжения холодного воздуха арктического происхождения, обычно весной и осенью.

2. Происходит понижение температуры воздуха во всем приземном слое. Различия температуры воздуха на высоте 2 м и у поверхности почвы незначительно.

Адвективные заморозки могут длиться несколько суток подряд, охватывают большие территории и мало зависят от местных условий.

### *Радиационные заморозки*

1. Обусловлены интенсивным охлаждением деятельной поверхности в результате излучения в ясные тихие ночи при невысоком уровне средних суточных температур воздуха.

2. На поверхности почвы температура ниже, чем на высоте 2 м, в среднем на 2,5–3 °С. Наблюдаются в течение ночи, усиливаясь ко времени восхода солнца. В предутренние часы обычно отмечается самая низкая температура.

### *Адвективно-радиационные заморозки*

1. Образуются в результате вторжения холодного воздуха и дальнейшего ночного охлаждения деятельной поверхности при ясном небе. Наблюдаются в конце весны и в начале лета, а также ранней осенью и совпадают с вегетационным периодом.

2. Заморозки обычно возникают в ночные часы, главным образом перед восходом солнца, их продолжительность чаще всего не превышает 3–4 ч, а интенсивность, как правило, около –2...–3 °С. Отмечаются они обычно на поверхности почвы или травостоя, но могут наблюдаться только в приземном слое воздуха. В таких случаях температура на поверхности почвы и в метеорологической будке положительна, а теплолюбивые растения повреждаются заморозком.

**По интенсивности** выделяют заморозки:

- 1) слабые;
- 2) средние;
- 3) сильные.

*Слабыми заморозками* считаются понижения температуры деятельной поверхности не ниже –2 °С, когда среднесуточная температура воздуха при этом  $\geq 0$  °С.

*При средних заморозках* температура поверхности земли опускается до –3...–4 °С, и заморозок охватывает самые нижние, примыкающие к поверхности слои воздуха.

*При сильных заморозках температура снижается до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и охватывает приземный слой воздуха до высоты 1,5–2 м; именно в этом слое находится большинство возделываемых полевых культур.*

**По длительности действия различают заморозки:**

- 1) продолжительные ( $>12$  ч);
- 2) средней продолжительности (5–12 ч);
- 3) кратковременные ( $< 5$  ч).

Кратковременные заморозки растения переносят с меньшими повреждениями, чем продолжительные. В сомкнутых посевах повреждаются преимущественно верхние ярусы листьев и побегов.

*По степени устойчивости к заморозкам все полевые культуры делят на 5 групп.*

1. **Наиболее устойчивые**, выносящие кратковременные заморозки до  $-7\dots-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в начальные фазы развития (зерновые и зернобобовые культуры), в цветение уже  $-1\dots-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

2. **Устойчивые**, выдерживающие в начале развития заморозки до  $-5\dots-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (корнеплоды, лен, конопля), в цветение до  $-2\dots-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

3. **Среднеустойчивые**, выдерживающие в фазе всходов заморозки  $-3\dots-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (соя, редис); в цветение до  $-1\dots-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

4. **Малоустойчивые**, выносящие в начале вегетации до  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кукуруза, картофель, табак), в цветение до  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

5. **Неустойчивые**, теплолюбивые, повреждаются при  $-0,5\dots-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (фасоль, рис, гречиха, хлопчатник, бахчевые).

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

## **6.2. Прогнозирование заморозков**

Заморозки наносят значительный ущерб сельскохозяйственному производству. Для обеспечения эффективной защиты сельскохозяйственных растений от заморозков необходимо надежное их предсказание или прогноз. Давно отмечено определенное сходство в условиях погоды, наблюдаемых при заморозках: это незначительная облачность или ее отсутствие, слабый ветер или штиль, низкая влажность воздуха и почвы. Большое распространение в расчетах возникновения заморозков получили наиболее простые эмпирические методы, использующие данные показаний сухого и смоченного термометра, расчета точки росы, суточной амплитуды, а также графические и комбинированные методы.



Адвективные заморозки предсказываются по синоптическим картам, где отмечается расположение воздушных масс и границ между ними – атмосферных фронтов. Наблюдая по картам перемещение воздушных масс, можно с большой вероятностью предсказать наступление адвективных заморозков. Однако адвективные заморозки в чистом виде бывают очень редко, обычно они сопровождаются усиленным излучением земли, поэтому при прогнозировании заморозков нужно вести наблюдения за различными метеорологическими элементами. Прогноз будет тем точнее, чем больше факторов, воздействующих на возникновение заморозка, принимается во внимание.

В агрономической практике для предсказания заморозков наиболее широко применяется способ Михалевского.

Этот способ достаточно прост, имеет хорошую оправдываемость:

$$t \text{ min в} = t' - (t - t') \cdot C \pm A;$$

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

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

$t \text{ min п}$  – ожидаемая минимальная температура поверхности почвы;

$t$  – температура по сухому термометру в 13 ч;

$t'$  – температура по смоченному термометру в 13 ч;

$C$  – коэффициент, зависящий от влажности воздуха в 13 ч (находим по табл. 18);

$A$  – поправка на облачность (находим по табл. 19).

Таблица 18 – Значения коэффициента  $C$  в зависимости от относительной влажности воздуха

f %	C	f %	C	f %	C
<b>100</b>	5,0	<b>70</b>	2,0	<b>40</b>	0,9
<b>95</b>	4,5	<b>65</b>	1,8	<b>35</b>	0,8
<b>90</b>	4,0	<b>60</b>	1,5	<b>30</b>	0,7
<b>85</b>	3,5	<b>55</b>	1,3	<b>25</b>	0,5
<b>80</b>	3,0	<b>50</b>	1,2	<b>20</b>	0,4
<b>75</b>	2,5	<b>45</b>	1,0	<b>15</b>	0,3

Таблица 19 – Значения поправочного коэффициента на облачность

Облачность в баллах	Значение А
0–3	–2
4–7	0
8–10	+2

Корректировка прогноза заморозка проводится в 21 ч по облачности. Если небо ясное или малооблачное, то ожидаемая минимальная температура, рассчитанная по формуле, уменьшается на 2° (А = –2). При облачности 4–7 баллов поправка не вводится (А = 0). При пасмурном небе к рассчитанной минимальной температуре прибавляется 2 °С (А = 2).

Если рассчитанная величина  $t_{\min}$  в или  $t_{\min}$  п:

- ниже –2 °С – заморозок будет;
- от –2 до 2 °С – заморозок вероятен;
- выше 2 °С – заморозок маловероятен.

### **Пример**

*По показаниям гидрометеостанции: температура воздуха в 13 ч 7,5°; температура смоченного термометра в 13 ч 3,2°; относительная влажность 50 %; облачность в 21 ч была 8 баллов.*

*При относительной влажности воздуха 50 % коэффициент С равен 1,2.*

*Тогда температура воздуха ночью может быть:*

$$t_{\min_{\text{в}}} = 3,2 - (7,5 - 3,2) \cdot 1,2 = -1,3 \text{ } ^\circ\text{С},$$

*на поверхности почвы:*

$$t_{\min_{\text{п}}} = 3,2 - (7,5 - 3,2) \cdot 2 \cdot 1,2 = -7,1 \text{ } ^\circ\text{С}.$$

*В полученный результат вносим поправку на облачность. При облачности 8 баллов полученную величину повышаем на 2 °С. Соответственно ожидается  $t_{\min_{\text{в}}} = 0,7 \text{ } ^\circ\text{С}$  и  $t_{\min_{\text{п}}} = -5,1 \text{ } ^\circ\text{С}$ . На поверхности почвы заморозок будет, в воздухе вероятен.*

Специалисты сельского хозяйства должны уметь дополнить прогнозы наблюдениями за местными признаками погоды.

### **Предсказание (прогнозирование) заморозков**

1. По значению точки росы можно предсказывать заморозки.
2. Если вечером (в 20–22 ч) точка росы имеет значение ниже 2 °С, то при штиле и отсутствии низкой облачности надо ожидать мороза ночью или к утру.

3. При наличии облачности и ветра (даже слабого) и при увеличении давления можно ожидать заморозки лишь в том случае, если точка росы вечером была ниже нуля.

4. При наличии облачности вечером и ночью и заметном ветре заморозки маловероятны.

Заморозок также можно предсказать при помощи графика П.И. Броунова (рис. 25).

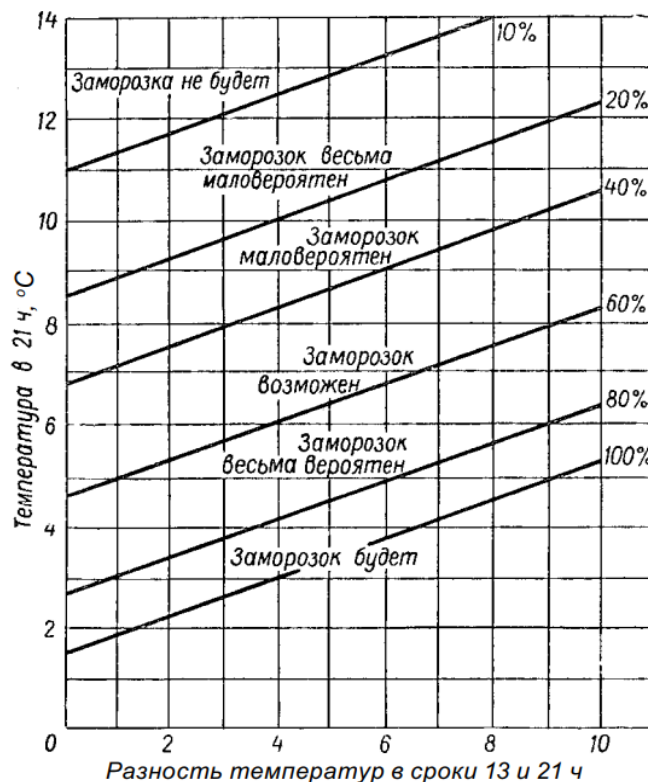


Рисунок 25 – График П.И. Броунова для определения вероятности заморозка

### 6.3. Методы защиты сельскохозяйственных и плодовых культур от заморозков

1. **Дымление** (метод создания дымовых завес или окуривание посредством дымовых куч) – является распространенным способом защиты растений от радиационных заморозков.

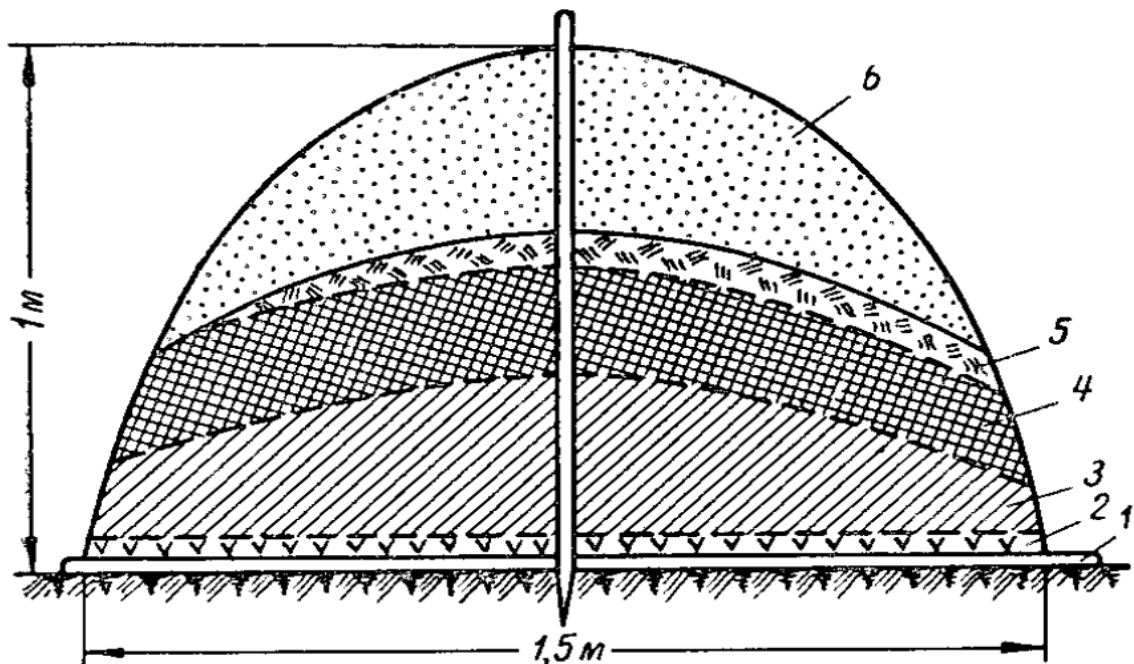
**Эффект защиты обусловлен:** обогревом воздуха при горении; образованием дымовой завесы, которая уменьшает эффективное излучение, конденсацией влаги в воздухе (на частичках дыма) и, следовательно, выделением тепла. Дымовая завеса экранирует растения от прямых солнечных лучей после восхода солнца.

Если ткани растений подмерзли, их оттаивание под дымовой завесой происходит более медленно и равномерно, а это уменьшает степень их повреждения. Дымление рекомендуют продолжать в течение часа после восхода солнца (рис. 26).



*Рисунок 26 – Использование дымления для защиты от заморозков*

Для создания дымовых куч используется различный растительный материал, обычно малопригодный для других целей (ботва овощных культур, хвоя, сучья, мох, прелая солома, опилки, мусор и другие горючие отходы растениеводства и лесного хозяйства). Возможно использование и более ценных материалов – торфа, древесного и каменного угля, при этом их тепловая мощность может быть заметно повышена путем добавления к ним различных минеральных масел, смол, мазута и т.п. На рисунке 27 представлена схема составления дымовой кучи.



*Рисунок 27 – Схема дымовой кучи:*

*1 – жердь; 2 – хворост; 3 – солома; 4 – торф, трава; 5 – хвоя;  
6 – опилки, мусор*

В настоящий момент перспективно применение дымовых шашек и искусственного дыма.

В России «окуривание» посредством дымовых куч является наиболее распространенным и доступным. В начале XX века известный ученый-селекционер И.В. Мичурин писал, что метод «окуривания» – это «самый лучший из всех и самый верный предохранитель цветков плодовых деревьев от утренних заморозков».

**2. Укрытие растений.** Используют различные светопрозрачные материалы (пленку, стеклянные колпаки), также коробка из картона, нетканые и тканые материалы, пену, полученную химическим путем, и пр. В отдельных случаях растения просто присыпают землей.

**3. К числу агротехнических приемов борьбы с заморозками относится:**

- размещение посевов сельскохозяйственных культур в наименее «морозобойных» площадях, в том числе на возвышенностях и склонах, наименее подверженных заморозкам;

- в пределах конкретного хозяйства заблаговременно составляются микроклиматические карты распределения минимальных температур в период радиационных заморозков;

- они дают представление о заморозкоопасности различных участков землепользования, позволяют заранее готовить средства защиты от заморозков и определять расположение плантаций для посадок наиболее теплолюбивых культур;

- изменение времени посева на более поздние сроки, когда вероятность возврата холодов становится незначительной;

- применение повышенных доз калийных удобрений;

**4. Дождевание (орошение).** При заморозках повышает температуру точки росы. Скрытая теплота конденсации при этом выделяется **до наступления отрицательной температуры**, что задерживает и ослабляет заморозок, повышается теплопроводность верхнего слоя почвы.

В случаях, когда относительная влажность воздуха при заходе солнца оказывается ниже 60 %, а скорость ветра  $\geq 5$  м/с, противозаморозковое дождевание нецелесообразно.

Для эффективной защиты сельскохозяйственных растений от заморозков необходимо использовать весь комплекс мероприятий, направленных на повышение продуктивности возделываемых культур, более полное использование агроклиматических ресурсов территории и снижение ущербов от этого опасного природного явления.

**Лабораторная работа 6**  
**Прогнозирование заморозков по методу Михалевского**

**Задание**

Спрогнозируйте вероятность заморозков, используя метод Михалевского. Варианты заданий представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Варианты заданий для прогнозирования заморозков

Вариант	t (°C)	t <sup>1</sup> (°C)	f (%)	N (баллы)
1	6,0	2,0	45	5
2	6,1	2,1	60	6
3	6,2	2,2	50	7
4	6,3	2,3	70	8
5	6,4	2,4	55	5
6	6,5	2,5	50	1
7	4,6	2,6	70	6
8	4,7	2,7	80	4
9	7,8	5,8	85	10
10	8,9	4,9	75	4
11	6,0	2,0	45	5
12	6,1	2,1	60	6
13	6,2	2,2	50	7
14	6,3	2,3	70	8
15	6,4	2,4	55	5
16	6,5	2,5	50	1
17	4,6	2,6	70	6
18	4,7	2,7	80	4
19	7,8	5,8	85	10
20	8,9	4,9	75	4

При необходимости рекомендуйте способы защиты сельскохозяйственных культур от заморозков.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

### Тест «Земная атмосфера как среда сельскохозяйственного производства. Солнечная радиация»

1. Газовая оболочка Земли, распространяющаяся до высот приблизительно 1000 км:

- А) атмосфера;
- Б) гидросфера;
- В) биосфера.

2. Содержание азота в атмосфере составляет:

- А) 78,08 %;
- Б) 20,95 %;
- В) 0,93 %;
- Г) 0,03 %.

3. Содержание кислорода в атмосфере составляет:

- А) 78,08 %;
- Б) 20,95 %;
- В) 0,93 %;
- Г) 0,03 %.

4. Содержание аргона в атмосфере составляет:

- А) 78,08 %;
- Б) 20,95 %;
- В) 0,93 %;
- Г) 0,03 %.

5. Содержание углекислого газа в атмосфере составляет:

- А) 78,08 %;
- Б) 20,95 %;
- В) 0,93 %;
- Г) 0,03 %.

6. Взвешенные твердые и жидкие частицы, как природного происхождения, так и попавшие в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человека:

- А) пыль;
- Б) взвесь;
- В) аэрозоль.

7. Для единицы массы газа правомерно уравнение:

А)  $pV = RT$ ;

Б)  $pR = TV$ ;

В)  $pT = VR$ .

8. В формуле  $pV = RT$   $p$  – это:

А) давление;

Б) плотность;

В) универсальная газовая постоянная;

Г) абсолютная температура.

9. В формуле  $pV = RT$   $R$  – это:

А) давление;

Б) плотность;

В) универсальная газовая постоянная;

Г) абсолютная температура.

10. В формуле  $pV = RT$   $T$  – это:

А) давление;

Б) объем единицы массы газа;

В) универсальная газовая постоянная;

Г) абсолютная температура.

11. В формуле  $pV = RT$   $V$  – это:

А) давление;

Б) объем единицы массы газа;

В) универсальная газовая постоянная;

Г) абсолютная температура.

12. Нижний слой атмосферы, в котором температура обычно уменьшается с увеличением высоты:

А) тропосфера;

Б) стратосфера;

В) мезосфера;

Г) термосфера.

13. Слой атмосферы, в котором образуется облачность:

А) тропосфера;

Б) стратосфера;



- В) мезосфера;
- Г) термосфера.

14. Самый верхний слой тропосферы толщиной приблизительно в 1 км, в пределах которого наблюдается постоянство температуры, называют:

- А) тропопаузой;
- Б) стратопаузой;
- В) мезопаузой;

15. Слой атмосферы, который располагается над тропопаузой и распространяется примерно до высоты 50 км:

- А) тропосфера;
- Б) стратосфера;
- В) стратопауза;
- Г) мезосфера.

16. Самый верхний слой стратосферы, где температура практически не меняется с высотой:

- А) тропосфера;
- Б) тропопауза;
- В) стратопауза;
- Г) мезосфера.

17. Оболочка атмосферы, находящаяся выше стратосферы, в которой температура понижается с высотой:

- А) тропосфера;
- Б) тропопауза;
- В) стратопауза;
- Г) мезосфера.

18. Слой атмосферы, который отличается резким возрастанием температуры в ее пределах в связи с очень большими скоростями газовых молекул и атомов:

- А) тропосфера;
- Б) стратосфера;
- В) мезосфера;
- Г) термосфера.

19. Сфера, которая располагается выше атмосферы и содержит небольшое число атомов газа:

- А) тропосфера;
- Б) экзосфера;
- В) мезосфера;
- Г) термосфера.

20. Коротковолновая радиация характеризуется длинами волн:

- А) 0,1–4 мкм;
- Б) 0,01–4,5 мкм;
- В) 4–100 мкм;
- Г) 0,4–10 мкм.

21. Длинноволновая радиация характеризуется длинами волн:

- А) 0,1–4 мкм;
- Б) 0,01–4,5 мкм;
- В) 4–100 мкм;
- Г) 0,4–10 мкм.

22. Радиация с длинами волн от 0,1 до 4 мкм называется:

- А) длинноволновой;
- Б) коротковолновой;
- В) средневолновой.

23. Радиация с длинами волн от 4 до 100 мкм называется:

- А) длинноволновой;
- Б) коротковолновой;
- В) средневолновой.

24. Радиация, приходящая к земной поверхности непосредственно от солнца:

- А) рассеянная радиация;
- Б) прямая радиация;
- В) инсоляция;
- Г) суммарная радиация.

25. Наибольшее количество радиации получает единица площади, расположенная к солнечным лучам:

- А) параллельно;
- Б) горизонтально;
- В) перпендикулярно.

26. Поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность:

- А) рассеянная радиация;
- Б) прямая радиация;
- В) инсоляция;
- Г) суммарная радиация.

27. В формуле  $Q = S \sin h_{\odot} + D$   $Q$  – это:

- А) рассеянная радиация;
- Б) прямая радиация;
- В) инсоляция;
- Г) суммарная радиация.

28. В формуле  $Q = S \sin h_{\odot} + D$   $S$  – это:

- А) энергетическая освещенность прямой радиацией;
- Б) энергетическая освещенность рассеянной радиацией;
- В) инсоляция;
- Г) суммарная радиация.

29. В формуле  $Q = S \sin h_{\odot} + D$   $D$  – это:

- А) энергетическая освещенность прямой радиацией;
- Б) энергетическая освещенность рассеянной радиацией;
- В) инсоляция;
- Г) суммарная радиация;
- Д) высота солнца.

30. В формуле  $Q = S \sin h_{\odot} + D$   $h_{\odot}$  – это:

- А) энергетическая освещенность прямой радиацией;
- Б) энергетическая освещенность рассеянной радиацией;
- В) инсоляция;
- Г) суммарная радиация;
- Д) высота солнца.

31. Отношение количества отраженной радиации к общему количеству радиации, падающей на данную поверхность, называется:

- А) рассеянная радиация;
- Б) альbedo поверхности;
- В) инсоляция;
- Г) суммарная радиация.

32. Разность между собственным и встречным излучением:

- А) длинноволновое излучение;
- Б) эффективное излучение;
- В) инсоляция.

33. Формула радиационного баланса:

- А)  $E_e = E_S - E_a$ ;
- Б)  $B = (S \sin h_{\odot} + D) (1-A) - E_e$ ;
- В)  $B = (S \sin h_{\odot} + D) (1-A)$ .

34. Фотосинтетическая активная радиация (ФАР) – это участок видимого спектра с длиной волны:

- А) 0,1–4 мкм;
- Б) 0,38–0,71 мкм;
- В) 4–100 мкм;
- Г) 0,4–0,71 мкм.

35. Для измерения прямой радиации, приходящей на поверхность, перпендикулярную солнечным лучам, предназначен:

- А) актинометр;
- Б) пиранометр;
- В) альбедометр.

36. Для измерений суммарной и рассеянной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, предназначен:

- А) актинометр;
- Б) пиранометр;
- В) альбедометр.

37. Прибор, предназначенный для измерения отраженной радиации:

- А) актинометр;
- Б) пиранометр;
- В) альбедометр.

## Тест «Температурный и водный режим воздуха и почвы»

1. Тип годового хода температуры воздуха, для которого характерна малая амплитуда, так как различия в поступлении солнечной радиации в течение года невелики:

- А) экваториальный;
- Б) тропический;
- В) тип умеренного пояса;
- Г) полярный.

2. Тип годового хода температуры воздуха, для которого характерна амплитуда на побережье порядка 5 °С, внутри материка 10–15 °С. (один максимум и один минимум в течение года в основном после наивысшего и наинизшего стояния солнца):

- А) экваториальный;
- Б) тропический;
- В) тип умеренного пояса;
- Г) полярный.

3. Тип годового хода температуры воздуха, в котором крайние значения наблюдаются после солнцестояний (в Северном полушарии минимум над сушей наблюдается в январе, над морем в феврале или в марте):

- А) экваториальный;
- Б) тропический;
- В) тип умеренного пояса;
- Г) полярный.

4. Тип годового хода температуры воздуха, в котором амплитуда на суше 30–40 °С:

- А) экваториальный;
- Б) тропический;
- В) тип умеренного пояса;
- Г) полярный.

5. Прибор для измерения температуры воздуха:

- А) барометр;
- Б) градусник;
- В) термометр;
- Г) анемометр.

6. Прибор для непрерывной регистрации температуры воздуха:

- А) барометр;
- Б) барограф;
- В) термометр;
- Г) термограф.

7. Количество тепла, необходимое для повышения температуры почвы на 1 °С:

- А) теплоемкость;
- Б) теплопроводность;
- В) теплонакопление;
- Г) энергоемкость.

8. Способность почвы передавать тепло от слоя к слою:

- А) теплоемкость;
- Б) теплопроводность;
- В) теплонакопление;
- Г) энергоемкость.

9. Прибор для измерения температуры пахотного слоя:

- А) коленчатый термометр Савинова;
- Б) мерзлотомер;
- В) термограф;
- Г) срочный напочвенный термометр.

10. Прибор для определения глубины промерзания почвы:

- А) коленчатый термометр Савинова;
- Б) мерзлотомер;
- В) термограф;
- Г) срочный напочвенный термометр.

11. Приемы, которые применяют для повышения температуры почвы:

- А) агротехнические;
- Б) агромелиоративные;
- В) агрометеорологические.

12. Орошение и осушение относятся к приемам:

- А) агротехническим;
- Б) агромелиоративным;
- В) агрометеорологическим.

13. К агрометеорологическим приемам относится:

- А) орошение;
- Б) дымление;
- В) гребневание.

14. Количество водяного пара, выраженное в граммах, содержащееся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха:

- А) абсолютная влажность;
- Б) парциальное давление;
- В) давление насыщенного пара;
- Г) относительная влажность.

15. Фактическое давление водяного пара, находящегося в воздухе:

- А) абсолютная влажность;
- Б) парциальное давление;
- В) давление насыщенного пара;
- Г) относительная влажность.

16. Максимально возможное значение парциального давления при данной температуре:

- А) абсолютная влажность;
- Б) парциальное давление;
- В) давление насыщенного пара;
- Г) относительная влажность.

17. Отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе, к давлению насыщенного водяного пара при данной температуре:

- А) абсолютная влажность;
- Б) парциальное давление;
- В) давление насыщенного пара;
- Г) относительная влажность.

18. Разность между упругостью насыщения и фактической упругостью водяного пара:

- А) абсолютная влажность;
- Б) парциальное давление;
- В) дефицит насыщения;
- Г) относительная влажность.

19. Температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе при данном давлении, достигает состояния насыщения относительно химически чистой плоской поверхности воды:

- А) точка росы;
- Б) парциальное давление;
- В) давление насыщенного пара;
- Г) относительная влажность.

20. Метод измерения влажности воздуха, основанный на охлаждении одного из двух термометров за счет испарения:

- А) психрометрический;
- Б) гигрометрический;
- В) аспирационный.

21. Метод измерения влажности воздуха, основанный на свойстве гигроскопических тел реагировать на изменение влажности воздуха:

- А) психрометрический;
- Б) гигрометрический;
- В) аспирационный.

22. Прибор, который используется для непрерывной регистрации влажности воздуха:

- А) барограф;
- Б) гигрограф;
- В) термограф.

23. Прибор, который используется для измерения влажности воздуха:

- А) психрометр;
- Б) барометр;
- В) влагомер.

24. Испарение – это переход вещества:

- А) из газа в жидкость;
- Б) из жидкости в газ;
- В) из газа в твердое состояние.

25. Транспирация – это испарение с поверхности:

- А) растений;
- Б) почвы;
- В) водоема.



26. Испарение с поверхности водоемов измеряют с помощью:
- А) испарительных бассейнов;
  - Б) почвенных испарителей;
  - В) осадкомера.
27. Конденсация – это переход вещества:
- А) из газа в жидкость;
  - Б) из жидкости в газ;
  - В) из газа в твердое состояние.
28. Облака верхнего яруса:
- А) перистые;
  - Б) высококучевые;
  - В) слоисто-дождевые;
  - Г) кучевые.
29. Облака среднего яруса:
- А) перистые;
  - Б) высококучевые;
  - В) слоисто-дождевые;
  - Г) кучевые.
30. Облака нижнего яруса:
- А) перистые;
  - Б) высококучевые;
  - В) слоисто-дождевые;
  - Г) кучевые.
31. Облака вертикального развития яруса:
- А) перистые;
  - Б) высококучевые;
  - В) слоисто-дождевые;
  - Г) кучевые.
32. Облачность выражается:
- А) в м;
  - Б) км;
  - В) баллах;
  - Г) долях.

33. Жидкие осадки, состоящие из капель диаметром 0,5–6 мм:

- А) дождь;
- Б) снег;
- В) морось;
- Г) град.

34. Капли диаметром 0,5–0,05 мм:

- А) дождь;
- Б) снег;
- В) морось;
- Г) град.

35. Твердые осадки, состоящие из сложных ледяных кристаллов:

- А) дождь;
- Б) снег;
- В) морось;
- Г) град.

36. Осадки в виде кусочков льда:

- А) дождь;
- Б) снег;
- В) морось;
- Г) град.

37. Освещение облаков невидимыми молниями при отдаленной грозе (когда не слышен гром):

- А) гроза;
- Б) зарница;
- В) шаровая молния;
- Г) огни святого Эльма.

38. Прибор, непрерывно регистрирующий прирост осадков:

- А) осадкомер;
- Б) барограф;
- В) пювниограф;
- Г) гигрограф.

## Тест «Климат и факторы его образования»

1. Устойчивые ветры, дующие в течение всего года над океанами на обращенной к экватору периферии:

- А) пассаты;
- Б) муссоны;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы.

2. Скорость пассатных ветров:

- А) 2–3 м/с
- Б) 3–5 м/с
- В) 5–8 м/с
- Г) 8–10 м/с

3. Устойчивые сезонные режимы воздушных течений с резким изменением преобладающего направления ветра от зимы к лету и от лета к зиме:

- А) пассаты;
- Б) муссоны;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы.

4. Стадия развития циклона, на которой при контрастах температуры возникают волны длиной 1000 км и более и давление приобретает значение около 1000 гПа:

- А) стадия молодого циклона;
- Б) стадия волны;
- В) стадия наибольшего развития.

5. Стадия развития циклона, на которой происходит образование секторов теплого и холодного воздуха:

- А) стадия молодого циклона;
- Б) стадия волны;
- В) стадия наибольшего развития.

6. Стадия развития циклона, на которой происходит падение давления до 980 гПа и расширение системы ветров:

- А) стадия молодого циклона;
- Б) стадия волны;
- В) стадия наибольшего развития.

7. Направление перемещения циклона:

- А) восток;
- Б) запад;
- В) север;
- Г) юг.

8. Характеристика погоды в циклоне:

- А) увеличенная облачность;
- Б) малая облачность;
- В) повышение давления;
- Г) отсутствие осадков.

9. Характеристики погоды в антициклоне:

- А) увеличенная облачность;
- Б) падение давления;
- В) отсутствие осадков;
- Г) осадки различной интенсивности.

10. Узкие переходные зоны, разделяющие между собой различные воздушные массы:

- А) циклоны;
- Б) антициклоны;
- В) атмосферные фронты.

11. Воздушные массы, характеризующиеся пониженным атмосферным давлением:

- А) циклоны;
- Б) антициклоны;
- В) атмосферные фронты.

12. Воздушные массы, характеризующиеся повышенным атмосферным давлением:

- А) циклоны;
- Б) антициклоны;
- В) атмосферные фронты.

13. Ветры у береговой линии морей и больших озер:

- А) шквалы;
- Б) вихри;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы;
- Е) бора;
- Ж) бризы.

14. Ветры с суточной периодичностью, образующиеся в долинах горных систем:

- А) шквалы;
- Б) вихри;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы;
- Е) бора;
- Ж) бризы.

15. Теплые, сухие, порывистые ветры, дующие временами с гор в долины:

- А) шквалы;
- Б) вихри;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы;
- Е) бора;
- Ж) бризы.

16. Холодные порывистые ветры, дующие с низких горных хребтов в сторону теплого моря:

- А) шквалы;
- Б) вихри;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы;
- Е) бора;
- Ж) бризы.

17. Резкие кратковременные усиления ветра со скоростью до 20 м/с:

- А) шквалы;
- Б) вихри;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы;
- Е) бора;
- Ж) бризы.

18. Ветры, образующиеся в условиях большой неустойчивости атмосферы и характеризующиеся быстрым вращением воздуха при одновременном его подъеме вверх:

- А) шквалы;
- Б) вихри;
- В) горно-долинные ветры;
- Г) фены;
- Д) тромбы;
- Е) бора;
- Ж) бризы.

19. Крупные вихри над морем:

- А) шквалы;
- Б) смерчи;
- В) бризы;
- Г) фены;
- Д) тромбы.

20. Крупные вихри над сушей:

- А) шквалы;
- Б) смерчи;
- В) бризы;
- Г) фены;
- Д) тромбы.

21. Агрометеорологическое явление, вызывающее резкое несоответствие между потребностью растений во влаге и ее поступлением из почвы в результате недостаточного количества осадков и повышенной испаряемости:

- А) ветровая эрозия;
- Б) засекание растений;
- В) засуха.

22. Ветер при высокой температуре и низкой влажности воздуха:

- А) суховей;
- Б) бриз;
- В) фен;
- Г) бора.

23. Способ борьбы с засухой:

- А) орошение;
- Б) осушение;
- В) дымление.

24. Дефляция – это:

- А) ветровая эрозия;
- Б) засекание растений;
- В) засуха.

25. Процесс разрушения и перемещения частиц почвы ветром:

- А) дефляция;
- Б) выдувание;
- В) суховей.

26. Понижение температуры воздуха или деятельной поверхности до 0 °С и ниже на фоне положительных среднесуточных температур:

- А) вымерзание;
- Б) похолодание;
- В) заморозок.

27. Слабые заморозки характеризуются температурой:

- А) 0 – 2 °С;
- Б) –3...–5 °С;
- В) –5 °С и ниже;
- Г) –1...–2 °С.

28. Сильные заморозки характеризуются температурой:

- А) 0 – 2 °С;
- Б) –3...–5 °С;
- В) –5 °С и ниже;
- Г) –5...–8 °С.

29. Очень сильные заморозки характеризуются температурой:

- А) 0–2 °С;
- Б) –3...–5 °С;
- В) –5 °С и ниже;
- Г) –5...–8 °С.

30. Заморозки, возникающие вследствие вторжения холодной массы воздуха с температурой ниже 0 °С:

- А) адвективные;
- Б) радиационные;
- В) адвективно-радиационные.

31. Заморозки, образующиеся в тихие ясные ночи в результате интенсивного ночного излучения подстилающей поверхности:

- А) адвективные;
- Б) радиационные;
- В) адвективно-радиационные.

32. Заморозки, образующиеся при вторжении относительно холодной воздушной массы и последующего ее выхолаживания за счет ночного излучения:

- А) адвективные;
- Б) радиационные;
- В) адвективно-радиационные.

33. Температуру, ниже которой растения повреждаются или гибнут, называют:

- А) критической;
- Б) оптимальной;
- В) угнетающей.

34. Наиболее устойчивы к заморозкам:

- А) яровая пшеница;
- Б) картофель;
- В) морковь.

35. Устойчивы к заморозкам:

- А) огурцы;
- Б) томаты;



- В) подсолнечник;
- Г) картофель.

36. Устойчивы к заморозкам:

- А) лен;
- Б) сахарная свекла;
- В) фасоль.

37. Устойчивы к заморозкам:

- А) бахчевые;
- Б) бобы;
- В) кукуруза;
- Г) просо.

38. Среднеустойчивы к заморозкам:

- А) огурцы;
- Б) редис;
- В) подсолнечник;
- Г) картофель.

39. Малоустойчивы к заморозкам:

- А) огурцы;
- Б) просо;
- В) подсолнечник;
- Г) картофель.

40. Неустойчивы к заморозкам:

- А) огурцы;
- Б) просо;
- В) сорго;
- Г) горох.

41. Неустойчивы к заморозкам:

- А) хлопчатник;
- Б) ячмень;
- В) редис;
- Г) горох.

42. Метод защиты от заморозков, который предполагает создание дымовых завес:

- А) дымление;
- Б) орошение;
- В) дождевание;
- Г) открытый обогрев.

43. Метод защиты растений от заморозков:

- А) дымление;
- Б) дождевание;
- В) осушение.

44. К опасным явлениям холодного периода относятся:

- А) заморозки;
- Б) засуха;
- В) вымокание.

45. Повреждение растений, происходящее в холодный период в результате понижения температуры воздуха или почвы ниже критической для растений в течение 2–3 суток:

- А) вымерзание;
- Б) заморозки;
- В) выпирание;
- Г) вымокание.

46. Явление, происходящее в результате длительного пребывания растений под высоким снежным покровом при слабом промерзании почвы и ее температуре на глубине узла кущения, близкой к 0 °С:

- А) вымерзание;
- Б) выпревание;
- В) выпирание;
- Г) вымокание.

47. Слой льда, образовавшийся при оттепелях от таяния снега или при выпадении жидких осадков и их последующем замерзании:

- А) гололед;
- Б) ледяная корка;
- В) снежный наст.

48. Явление холодного периода, которое происходит вследствие неоднократного оттаивания и замерзания верхнего слоя почвы:

- А) выпревание;
- Б) вымерзание;
- В) выпирание.

49. Явление, вызываемое застоем воды на полях:

- А) выпревание;
- Б) вымокание;
- В) выпирание.

50. Явление, происходящее при пыльных бурях в степных районах, когда сильные ветры уносят частицы верхнего слоя почвы, оголяя узлы кущения и корневую систему:

- А) выпревание;
- Б) вымокание;
- В) выпирание;
- Г) выдувание.

51. Слой гладкого прозрачного или мутного льда, образующегося на земной поверхности, деревьях и других наземных предметах, вследствие намерзания переохлажденных капель при их соприкосновении с земной поверхностью:

- А) гололед;
- Б) ледяная корка;
- В) снежный наст.

52. Влияние растительного покрова на суточную амплитуду температуры почвы:

- А) увеличивает;
- Б) уменьшает;
- В) не оказывает воздействия.

53. Влияние снежного покрова на суточную амплитуду температуры почвы:

- А) увеличивает;
- Б) уменьшает;
- В) не оказывает воздействия.

54. Признак холодного периода в геологическом прошлом Земли:

- А) сильное химическое выветривание;
- Б) ископаемые льды;
- В) усиленное отложение солей.

55. Признак теплого периода в геологическом прошлом Земли:

- А) сильное физическое выветривание;
- Б) ископаемые льды;
- В) усиленное отложение солей.

56. Количество тепла, которым располагает территория, где произрастают сельскохозяйственные культуры:

- А) тепловые ресурсы;
- Б) световые ресурсы;
- В) ресурсы увлажнения.

57. Биологическая сумма температур выражает потребность растений:

- А) в тепле;
- Б) влаге;
- В) свете.

58. Суммы ФАР оценивают:

- А) тепловые ресурсы;
- Б) световые ресурсы;
- В) ресурсы увлажнения.

59. Для оценки условий увлажнения используется:

- А) КУВ;
- Б) ГТК;
- В) ГСК.

60. Значение ГТК = 1 указывает:

- А) на равенство осадков и испарения;
- Б) засушливые условия;
- В) преобладание осадков над испарением.

## ГЛОССАРИЙ

**Абсолютная влажность воздуха** – плотность водяного пара в воздухе, выраженная числом граммов водяного пара в  $1 \text{ м}^3$  воздуха ( $\text{г}/\text{м}^3$ ).

**Актинометр** – относительный прибор для измерения прямой солнечной радиации, поступающей на поверхность, перпендикулярную к солнечному лучу.

**Актинометрические приборы** – приборы для измерения интенсивности лучистой энергии.

**Альбедо** – отношение отраженной радиации к суммарной, выраженное в процентах.

**Амплитуда годового хода температуры** – разность между среднемесячной температурой самого холодного и самого теплого месяцев.

**Амплитуда суточных колебаний температуры** – разность максимальной и минимальной суточных температур.

**Анемометр** – прибор, применяемый для измерения средней скорости ветра за какой-либо промежуток времени.

**Анеморумбограф** – самопишущий прибор для регистрации скорости и направления ветра.

**Анеморумбометр** – прибор для измерения параметров ветра, основанный на преобразовании значений скорости и направления ветра в электрические величины, отсчитываемые визуально по показаниям соответствующих электроизмерительных приборов

**Анероид** – прибор для измерения атмосферного давления по величине деформации упругой металлической коробки, из которой удален воздух.

**Антициклон** – область повышенного атмосферного давления.

**Аспирационный психрометр** – прибор для измерения влажности (до температуры  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и температуры воздуха в помещении и на открытом воздухе.

**Атмосфера** – воздушная оболочка Земли, состоящая из смеси около 20 различных газов.

**Атмосферное давление** – сила, с которой столб воздуха от поверхности Земли до верхней границы атмосферы давит на единицу земной поверхности. Современной международной единицей измерения а. д. является паскаль (Па) – это давление, вызываемое силой в 1 ньютон (Н) на площадь  $1 \text{ м}^2$  ( $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н}/\text{м}^2$ ). В практике используют

гектопаскаль (гПа): 1 гПа = 1 Мбар = 0,75 мм рт. ст.; 1000 гПа = 750 мм рт. ст. А. д., равное массе ртутного столба высотой 760 мм, имеющего температуру 0 °С и находящегося на широте 45° на уровне моря, называют нормальным атмосферным давлением. Округленно оно составляет 1013 гПа.

**Атмосферное излучение** – собственное длинноволновое излучение атмосферы в области длин волн от 4 до 120 мкм.

**Балансомер** – прибор для измерения радиационного баланса деятельной (земной) поверхности.

**Бар** – единица измерения атмосферного давления.

**Барическая ступень** – расстояние по вертикали, на котором давление меняется на 1 гПа. Характеризует изменение давления с высотой.

**Барограф** – прибор для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления.

**Барометр** – прибор для измерения атмосферного давления. По принципу действия различают: жидкостные барометры, основанные на законах гидростатики, преимущественно ртутные, атмосферное давление в них измеряется высотой столба жидкости; металлические барометры – anerоиды, основанные на явлении упругих деформаций тел при колебаниях давления; газовые барометры, измеряющие давление по величине объема постоянного количества газа, изолированного от внешнего воздуха подвижным столбиком жидкости, и др.

**Бора** – штормовой, порывистый и холодный ветер, направленный вниз по горному склону и приносящий в зимнее время значительное похолодание.

**Бриз** – местный ветер на побережье морей, больших озер, водохранилищ и рек.

**Весовой снегомер** – прибор для определения плотности снежного покрова и запасов воды в снеге в полевых условиях.

**Влажность воздуха** – содержание водяного пара в воздухе; одна из существенных характеристик среды обитания растений, погоды и климата.

**Вытяжной термометр** – почвенный термометр для измерения температуры на глубинах 40, 80, 160 и 320 см.

**Гигрограф** – прибор для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха.

**Гигрометр** – прибор для измерения влажности воздуха. В зависимости от метода измерения, положенного в основу прибора, суще-

ствуют различные его типы: весовой или абсолютный, волосной, психрометр, пленочный, электрический и др.

**Дефицит влажности воздуха** – разность между насыщающей ( $E$ ) и фактической ( $e$ ) упругостью водяного пара при данных температуре и давлении:  $D = E - e$ . Или: недостаток влаги в воздухе, обусловленный превышением испарения (расход) над поступлением влаги (приход). Синонимы: недостаток насыщения; дефицит насыщения.

**Дефицит влаги (недостаток насыщения)** – величина, характеризующая недостаток влаги в почве до его полного увлажнения; равен разности между полной влагоемкостью и фактической влажностью в данный момент времени. Выражается в мм слоя воды или в процентах от массы (или объема) сухой почвы

**Длинноволновая радиация** – электромагнитная радиация, испускаемая земной поверхностью и атмосферой, практически полностью в интервале волн от 4 до 120 мкм. Синоним: длинноволновое излучение.

**Засуха** – значительный по сравнению с нормой недостаток осадков в течение длительного времени весной и летом, при повышенных температурах воздуха, в результате чего иссякают запасы влаги в почве (путем испарения и транспирации) и создаются неблагоприятные условия для нормального развития растений, а урожай полевых культур снижается или гибнет.

**Изотермия** – явление, когда температура воздуха с увеличением высоты не изменяется.

**Инверсия температуры** – возрастание температуры воздуха с высотой.

**Инсоляция** – поток прямой солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность.

**Лимитирующий фактор** – фактор жизни растений, находящийся в минимуме, например недостаток почвенной влаги в жаркую погоду (почвенная засуха).

**Люксметр** – фотометрический прибор для измерения освещенности, дающий показания в люксах

**Метеорологическая величина** – общее название для ряда характеристик состояния воздуха и некоторых атмосферных процессов, прежде всего тех, которые наблюдаются и/или измеряются на метеорологических станциях.

**Муссон** – устойчивый сезонный ветер над определенными областями Земли, направление которого резко меняется два раза в год.

**Наземная сеть наблюдений (НСН)** – совокупность всех пунктов наблюдений, производящих наблюдения за состоянием и загрязнением окружающей среды, построенная в соответствии с масштабами природных процессов и явлений, а также с учетом потребностей народного хозяйства.

**Облака** – это взвешенные скопления в атмосфере продуктов конденсации и сублимации водяного пара в форме мельчайших капель и кристаллов.

**Озоновая дыра** – уменьшение концентрации озона в стратосфере.

**Осадки** – вода в жидком или твердом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на поверхности Земли и на предметах. Из облаков осадки выпадают в виде дождя, мороси, снега, мокрого снега, снежной и ледяной крупы, снежных зерен, града, ледяного дождя, ледяных игл. Непосредственно из воздуха выделяются роса, иней, жидкий налет, твердый налет, изморозь.

**Пассат** – это устойчивый ветер восточной четверти, господствующий в тропических широтах, особенно над океанами.

**Пиранометр** – прибор для измерения рассеянной и суммарной солнечной радиации.

**Плювиограф** – прибор для непрерывной регистрации количества и интенсивности жидких осадков.

**Почвенный дождемер** – прибор, предназначенный для измерения жидких осадков почти на уровне почвы.

**«Парниковый эффект»** – явление повышения температуры в нижнем слое атмосферы.

**Погода** – это непрерывно меняющееся физическое состояние атмосферы в конкретной местности в данный момент времени или в некоторый промежуток времени (сутки, неделя, декада, месяц).

**Почвенный испаритель** – установка для определения испарения с поверхности почвы.

**Прямая радиация** – солнечная радиация, доходящая до места наблюдения в виде пучка параллельных лучей, исходящих непосредственно от солнечного диска.

**Психрометрический метод** – метод измерения влажности воздуха по охлаждению тела при испарении с его поверхности.

**Радиация** – энергетическая освещенность, создаваемая потоком излучения соответствующего источника: солнца, атмосферы, земной поверхности и др.



**Радиационный баланс атмосферы** – алгебраическая сумма радиации, поглощаемой (приходящей) и излучаемой (уходящей) атмосферой; включает коротковолновый и длинноволновый участки спектра. Сравнительно мало изменяется и в среднем по земному шару составляет около 70 ккал/(см<sup>2</sup> / год) или 293,3 Дж/см<sup>2</sup>.

**Роза ветров** – диаграмма, показывающая повторяемость направлений ветра в течение некоторого промежутка времени.

**Сетевые наблюдения** – комплекс инструментальных и визуальных наблюдений и измерений, выполняемых на сети метеорологических (агрометеорологических) станций и постов.

**Сублимация** – переход водяного пара в твердое состояние, минуя жидкую фазу.

**Суммарная радиация** – сумма солнечной инсоляции и рассеянной радиации.

**Тепловая конвекция** – перенос объемов воздуха по вертикали.

**Тепловой баланс земной поверхности** – применение закона сохранения энергии к исследованию процессов влаго- и теплообмена в пределах рассматриваемых участков земной поверхности. Формой выражения теплового баланса является уравнение теплового баланса земной поверхности в виде  $R = LE + P + B$ , где  $R$  – радиационный баланс земной поверхности,  $P$  – турбулентный поток тепла между земной поверхностью и атмосферой,  $B$  – поток тепла между земной поверхностью и нижележащими слоями почвы или воды,  $LE$  – поток тепла, связанный с фазовыми преобразованиями воды, т. е. с испарением и (в меньшей степени) с конденсацией.

**Теплоемкость почвы** – количество тепла, необходимое для нагревания 1 см<sup>3</sup> или 1 г почвы на 1 °С.

**Теплооборот почвы** – передача тепла от поверхности вглубь почвы и обратно в течение определенного промежутка времени; обычно говорят о суточном и годовом теплообороте. От восхода солнца до 12–13 ч почва обычно получает больше тепла, чем отдает; точно так же весной и летом; в остальное время суток и года – наоборот. С апреля по сентябрь в почве накапливается тепло (в умеренных широтах), осенью и зимой то же количество тепла уходит из почвы в воздух.

**Термограф** – прибор для непрерывной регистрации изменений температуры воздуха.

**Термоизоплеты** – кривые, соединяющие точки с одинаковыми температурами почвы.

**Термометры Савинова** – почвенные термометры, представляющие собой ртутные термометры с капилляром, удлинённым в участке между резервуаром и началом шкалы и изогнутым в этой части под углом  $135^\circ$ . Удлинение капилляра определяется глубиной погружения термометра. Устанавливают на метеорологических станциях сериями на тёплый сезон для производства наблюдений на глубинах 5, 10, 15, 20 см.

**Точка инея** – температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, при неизменном давлении достигает насыщения относительно поверхности льда. Точка инея выше точки росы: например, при точке росы  $-10^\circ\text{C}$  превышение составляет на  $1,10^\circ\text{C}$ , а при  $-30^\circ\text{C}$  – уже на  $2,84^\circ\text{C}$ .

**Точка росы** – температура, при которой воздух достигает состояния насыщения (по отношению к воде) при данном содержании водяного пара и неизменном атмосферном давлении. При относительной влажности меньше 100 % точка росы всегда ниже фактической температуры воздуха; разность этих температур тем больше, чем меньше относительная влажность; поэтому, чтобы довести температуру воздуха до точки росы, воздух нужно охладить. При насыщении, т. е. при относительной влажности  $f = 100\%$ , фактическая температура воздуха совпадает с точкой росы.

**Турбулентность** – вихревое хаотическое движение небольших объёмов воздуха в общем потоке воздуха.

**ФАР** – фотосинтетически активная радиация, спектр солнечной радиации с интервалом длин волн 380–710 нм.

**Фен** – местный тёплый сухой ветер, дующий временами с гор в долины.

**Фронт окклюзии** – атмосферный фронт, образовавшийся в результате слияния тёплого и холодного фронтов циклона.

**Эффективная температура** – в сельскохозяйственной метеорологии это среднесуточная температура, уменьшенная на значение биологического минимума температуры.

**Эффективное излучение** – разность между собственным излучением земной поверхности  $E_z$  и встречным излучением атмосферы  $E_a$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусова Е.Н. Инструментальные методы исследования почв и растений: учеб. пособие / Е.Н. Белоусова; Красноярск. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 267 с.
2. Белоусова Е.Н. Оценка агрофизических свойств чернозема в условиях перехода на почвозащитные технологии обработки / Е.Н. Белоусова, А.А. Белоусов // Агрофизика. – 2021. – № 3. – С. 1–9.
3. Белоусова Е.Н. Оценка запасов влаги в черноземе в условиях минимизации обработки почвы / Е.Н. Белоусова, А.А. Белоусов // Агрофизика. – 2021. – № 4. – С. 1–6.
4. Братков В.В. Метеорология и климатология: учеб. пособие – В.В. Братков, А.П. Воронин. – Москва: МИИГАиК, 2015. – 209 с.
5. Будыко М.И. Климат и жизнь / М.И. Будыко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – 472 с.
6. Вышегуров С.Х. Климатология и метеорология: метод. указания / С.Х. Вышегуров, Н.В. Пономаренко. – Новосибирск, 2015. – 49 с.
7. Глухих М.А. Агрометеорология: учеб. пособие / М.А. Глухих. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 208 с.
8. Гребенюк Г.Н. Метеорология и климатология: учеб.-практ. пособие / Г.Н. Гребенюк, Г.К. Ходжаева. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2012. – 180 с.
9. Грингоф И.Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. I. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия / И.Г. Григоф, А.Д. Клещенко. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2011. – 808 с.
10. Грингоф И.Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. III. Ч. 1. Основы агроклиматологии. Ч. 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство / И.Г. Григоф, В.Н. Павлова. – Обнинск: ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД, 2013. – 384 с.
11. Грингоф И.Г. Практикум по агрометеорологии. Ч. I. Метеорологические измерения и наблюдения. Ч. II. Агрометеорологические наблюдения и измерения / И.Г. Григоф, З.С. Федорова, А.И. Белолубцев, С.Д. Малахова. – Обнинск: ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД, 2018. – 384 с.

12. Давитая Ф.Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы Ф.Ф. Давитая. – Москва, 1964. – 130 с.
13. Дужников А.П. Агрометеорология: учеб. пособие / А.П. Дужников. – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. – 117 с.
14. Кирюшин В.И. Агротехнологии: учебник / В.И. Кирюшин, С.В. Кирюшин. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 464 с.
15. Котюков Б.Н. Сборник задач и тестовых вопросов по агрометеорологии / Б.Н. Котюков, Б.Н. Баландин, И.Н. Кузьменко. – Пермь: Прокрость, 2016. – 75 с.
16. Лосев А.П. Агрометеорология / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. – Москва: Колос, 2009. – 302 с.
17. Сидорова Л.П. Метеорология и климатология. Часть 1. Метеорология: учебное электронное текстовое издание / Л.П. Сидорова. – Екатеринбург: Урал. фед. ун-т им. первого президента России Б.Н. Ельцина, 2015. – 198 с.
18. Чирков Ю.И. Агрометеорология / Ю.И. Чирков. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. – 320 с.
19. Чупрова В.В. Оценка агроэкологического состояния почв, вовлеченных в разработку песчано-гравийных карьеров Канского района Красноярского края / В.В. Чупрова, А.А. Белоусов, Е.Н. Белоусова, Ю.В. Горбунова // Вестник КрасГАУ. – 2019.– № 3 (144). – С. 16–21.
20. Шеин Е.В. Агрофизика / Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Москва: Феникс, 2006. – 400 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Световые зоны России

##### **I световая зона – сумма ФАР – 110–220 кал/см<sup>2</sup>**

Архангельская область  
Вологодская область  
Ленинградская область  
Магаданская область  
Новгородская область  
Псковская область  
Республика Карелия  
Республика Коми

##### **II световая зона – сумма ФАР – 400–580 кал/см<sup>2</sup>**

Ивановская область  
Кировская область  
Костромская область  
Нижегородская область  
Пермская область  
Республика Марий Эл  
Республика Мордовия  
Тверская область  
Удмуртская Республика  
Чувашская Республика  
Ярославская область

##### **III световая зона – сумма ФАР – 610–970 кал/см<sup>2</sup>**

Белгородская область  
Брянская область  
Воронежская область  
Калининградская область  
Красноярский край  
Курская область  
Липецкая область  
Московская область  
Орловская область  
Республика Башкортостан  
Республика Саха (Якутия)  
Республика Татарстан  
Республика Хакасия  
Свердловская область  
Смоленская область  
Томская область  
Тульская область  
Тюменская область

#### **IV световая зона – сумма ФАР – 1000–1380 кал/см<sup>2</sup>**

Алтайский край  
Астраханская область  
Волгоградская область  
Иркутская область  
Камчатская область  
Кемеровская область  
Новосибирская область  
Омская область  
Оренбургская область  
Пензенская область  
Республика Алтай  
Республика Тува  
Самарская область  
Саратовская область  
Ульяновская область

#### **V световая зона – сумма ФАР – 145 –1670 кал/см<sup>2</sup>**

Краснодарский край (кроме Черноморского побережья )  
Республика Адыгея  
Республика Бурятия  
Ростовская область  
Читинская область

#### **VI световая зона – сумма ФАР – 1770–2080 кал/см<sup>2</sup>**

Краснодарский край (Черноморское побережье )  
Республика Дагестан  
Республика Ингушетия  
Республика Северная Осетия-Алания  
Ставропольский край  
Чеченская Республика

#### **VII световая зона – сумма ФАР – 2370–3450 кал/см<sup>2</sup>**

Амурская область  
Приморский край  
Сахалинская область  
Хабаровский край

## **Приложение 2**

### **Значение синусов различных углов**

<b>h<sub>0</sub></b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>30</b>
sin h <sub>0</sub>	0,00	0,09	0,17	0,26	0,31	0,34	0,37	0,41	0,44	0,47	0,50
<b>h<sub>0</sub></b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>52</b>
sin h <sub>0</sub>	0,53	0,56	0,59	0,62	0,64	0,67	0,69	0,72	0,74	0,77	0,79
<b>h<sub>0</sub></b>	<b>54</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	
sin h <sub>0</sub>	0,81	0,83	0,85	0,87	0,91	0,94	0,95	0,96	0,98	1,00	

Даты массового наступления фаз развития яровой пшеницы

№	Название станции	Дата посева	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость
1	Енисейск	29.05	8.06	24.06	30.06	16.07	28.07	4.08	18.08	26.08
2	Пировское	20.05	4.06	20.06	4.07	14.07	20.07	8.08	20.08	4.09
3	Тюхтет	25.05	4.06	30.06	8.07	22.07	31.07	16.08	2.09	14.09
4	Боготол	16.05	28.05	18.06	25.06	16.07	24.07	6.08	18.08	31.08
5	Ачинск	19.05	4.06	20.06	26.06	18.07	22.07	8.08	31.08	12.09
6	Сухобузимское	23.05	10.06	18.06	26.06	14.07	26.07	6.08	24.08	2.09
7	Солянка	19.05	31.05	14.06	23.06	13.07	22.07	6.08	24.08	4.09
8	Канск	29.05	6.06	24.06	30.06	16.07	24.07	6.08	20.08	31.08
9	Уяр	17.05	31.05	16.06	22.06	16.07	24.07	8.08	16.08	28.08
10	Красноярск	21.05	31.05	16.06	23.06	12.07	18.07	2.08	20.08	26.08
11	Назарово	16.05	2.06	16.06	22.06	12.07	20.07	12.08	28.08	1.09
12	Курагино	20.05	31.05	16.06	22.06	18.07	26.07	6.08	26.08	6.09
13	Ирбейское	25.05	8.06	26.06	10.07	22.07	4.08	12.08	4.09	-
14	Балахта	18.05	31.05	20.06	24.06	18.07	28.07	12.08	31.08	8.09
15	Ужур	22.05	2.06	24.06	29.06	16.07	20.07	12.08	1.09	-
16	Агинское	1.06	8.06	24.06	28.06	22.07	2.08	16.08	31.08	12.09
17	Дзержинское	22.05	6.06	20.06	26.06	22.07	31.07	10.08	2.09	4.09
18	Краснотуранск	16.05	28.05	10.06	24.06	16.07	22.07	12.08	28.08	10.09
19	Абан	26.05	2.06	20.06	24.06	20.07	24.07	6.08	31.08	18.09
20	Минусинск	7.05	18.05	2.06	7.06	8.07	14.07	2.08	12.08	-
21	Шушенское	8.05	25.05	10.06	19.06	10.07	14.07	5.08	16.08	27.08
22	Ермаковское	11.05	24.05	12.06	20.06	12.07	16.07	4.08	20.08	24.08
23	Каратузское	22.05	2.06	16.06	22.06	20.07	31.07	10.08	26.08	8.09
24	Светлолобово	22.05	2.06	16.06	23.06	16.07	20.07	6.08	22.08	-
25	Шира	20.05	12.06	26.06	6.07	26.07	6.08	16.08	24.08	30.08
26	Аскиз	6.05	18.08	8.06	12.06	12.07	18.07	30.07	22.08	28.08
27	Таштып	18.05	31.05	16.06	20.06	18.07	24.07	6.08	8.09	10.09
28	Бея	2.05	18.05	6.06	12.06	16.07	18.07	10.08	20.08	31.08
29	Сарыг-Сеп	10.05	22.05	7.06	14.06	15.07	23.07	8.08	17.08	29.08
30	Кызыл	12.05	23.05	6.06	15.06	17.07	26.07	10.08	19.08	1.09

**Приложение 4**

**Средние декадные температуры воздуха в населенных пунктах (станциях) Красноярского края,  
Тывы и Хакасии (норма)**

№	Название станции	Январь (1)			Февраль (2)			Март (3)			Апрель (4)			Май (5)			Июнь (6)		
		І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ
1, 2	Енисейск	-22,1	-22,2	-21,9	-21,2	-19,5	-17,5	-14,1	-10,7	-7,4	-3,9	-0,9	2,2	4,8	7,1	9,5	12,7	15,1	17,2
3, 4	Тюхтет	-17,7	-17,8	-17,5	-17,0	-16,0	-14,9	-12,7	-9,0	-5,3	-1,9	0,8	3,6	6,3	8,6	10,8	13,6	15,7	17,5
5, 11,15	Ачинск	-17,3	-17,6	-17,4	-16,9	-16,1	-15,0	-12,5	-8,8	-5,2	-2,0	0,6	3,1	5,7	8,4	11,1	14,1	15,7	17,5
7, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 19	Канск	-20,2	-20,3	-20,2	-19,7	-18,7	-17,3	-14,6	-10,3	-6,4	-2,4	0,7	3,7	6,3	8,6	11,0	13,9	16,0	18,0
6, 10, 14, 24	Красноярск	-18,1	-18,4	-18,5	-17,6	-16,0	-13,7	-11,2	-7,9	-4,8	-1,3	1,7	4,6	7,0	9,1	11,1	14,0	16,6	18,8
18, 20, 21, 22, 23, 25, 26	Минусинск	-20,5	-21,0	-21,0	-20,3	-19,0	-17,1	-14,0	-8,9	-3,7	0,3	3,0	5,6	8,1	10,5	12,8	15,2	17,2	19,2
27, 28, 29, 30	Кызыл	-32,3	-32,5	-31,8	-29,8	-28,0	-26,1	-22,4	-15,2	-7,5	-1,4	2,2	5,8	8,8	11,4	13,9	16,2	17,9	19,3
№	Название станции	Июль (7)			Август (8)			Сентябрь (9)			Октябрь (10)			Ноябрь (11)			Декабрь (12)		
		І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ
1, 2	Енисейск	18,3	18,8	18,5	17,0	14,9	12,9	10,8	8,2	5,5	2,7	-0,5	-3,4	-7,6	-12,3	-16,9	-19,9	-20,7	-21,5
3, 4	Тюхтет	18,4	18,5	18,1	16,6	14,8	13,1	10,9	8,8	6,8	3,9	0,8	-2,2	-5,8	-9,6	-13,4	-15,8	-16,6	-17,3
5, 11,15	Ачинск	18,2	18,4	18,1	16,8	14,9	13,1	11,0	8,9	6,7	4,0	1,1	-1,8	-5,7	-9,4	-13,4	-15,6	-16,2	-16,8
7, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 19	Канск	18,8	19,0	18,7	17,5	15,6	13,7	11,3	8,8	6,2	3,4	0,4	-2,6	-6,3	-10,2	-14,4	-17,5	-18,6	-19,6
6, 10, 14, 24	Красноярск	19,5	19,6	19,2	17,9	16,2	14,7	12,2	9,6	6,9	4,3	1,6	-1,3	-5,1	-9,1	-13,1	-15,6	-16,6	-17,5
18, 20, 21, 22, 23, 25, 26	Минусинск	19,8	19,9	19,8	18,8	16,9	14,9	12,5	10,0	7,2	4,6	1,9	-0,8	-4,5	-8,9	-13,6	-16,2	-17,8	-19,3
27, 28, 29, 30	Кызыл	19,9	20,0	19,8	18,9	17,0	15,2	13,0	10,0	6,9	3,6	0,0	-3,7	-9,0	-15,6	-22,4	-26,7	-28,4	-30,2



**Приложение 5**

**Средние многолетние температуры воздуха в населенных пунктах (станциях) Красноярского края,  
Тывы и Хакасии (норма)**

№	Название станции	Январь (1)	Февраль (2)	Март (3)	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)	Октябрь (10)	Ноябрь (11)	Декабрь (12)
1	Енисейск	-20,8	-17,0	-8,3	0,7	8,8	15,8	18,7	15,6	8,6	0,3	-10,5	-17,6
2	Пировское	-20,3	-19,1	-10,5	-0,4	7,3	14,8	17,5	13,9	7,7	-0,5	-11,8	-18,9
3	Тюхтет	-17,6	-16,0	-9,0	0,8	8,6	15,7	18,3	14,8	8,8	0,8	-9,6	-16,6
4	Боготол	-16,9	-15,0	-7,2	1,2	9,0	15,4	17,8	14,7	8,5	1,0	-8,4	-14,4
5	Ачинск	-18,8	-15,1	-6,7	1,4	9,4	17,0	18,6	15,9	9,4	1,1	-8,8	-15,3
6	Сухобузимское	-21,0	-19,6	-10,8	0,8	8,4	15,6	18,3	14,6	8,3	0,4	-10,8	-19,0
7	Солянка	-18,1	-16,5	-8,8	0,7	8,2	15,6	18,2	14,9	8,5	0,6	-10,1	-16,8
8	Канск	-20,2	-18,7	-10,3	0,7	8,6	16,0	18,8	15,6	8,8	0,4	-10,2	-18,6
9	Уяр	-18,7	-17,4	-10,2	0,0	7,8	14,6	18,0	14,5	8,2	-0,1	-9,7	-16,9
10	Красноярск	-18,8	-15,0	-6,7	2,1	9,5	17,4	18,9	16,2	9,5	1,3	-8,1	-15,3
11	Назарово	-18,7	-17,5	-9,7	0,2	8,4	15,6	18,2	14,6	8,6	0,1	-9,2	-16,4
12	Курагино	-21,1	-18,7	-10,0	1,6	9,7	16,2	18,2	15,6	9,2	1,7	-9,5	-18,1
13	Ирбейское	-21,4	-19,8	-10,8	0,9	8,5	15,6	17,9	14,7	8,2	0,4	-10,6	-18,9
14	Балахта	-21,5	-19,7	-11,8	0,0	8,5	15,3	17,5	14,6	8,2	0,4	-10,6	-18,7
15	Ужур	-19,5	-18,5	-10,8	0,1	7,9	14,9	17,2	14,0	8,1	0,2	-10,2	-17,5
16	Агинское	-18,5	-17,4	-8,7	1,6	8,8	15,4	17,6	14,6	8,4	0,9	-9,3	-16,5
17	Дзержинское	-19,5	-15,3	-6,8	1,6	9,4	17,7	19,3	16,4	9,3	0,7	-9,8	-16,7
18	Краснотуранск	-19,2	-15,2	-5,6	3,8	11,0	18,4	20,1	17,8	11,2	2,8	-5,9	-15,3
19	Абан	-20,6	-18,9	-10,6	-0,1	8,1	15,7	18,3	14,8	8,2	0,0	-11,3	-18,9
20	Минусинск	-18,6	-14,7	-4,6	5,0	12,0	19,3	20,7	18,2	11,5	2,9	-6,0	-14,9
21	Шушенское	-17,3	-13,6	-4,0	5,2	11,8	18,8	20,4	18,0	11,4	3,2	-5,8	-13,8
22	Ермаковское	-17,6	-13,5	-4,1	4,9	11,6	18,4	19,9	17,7	11,1	2,9	-6,3	-14,2
23	Каратузское	-21,6	-19,3	-10,4	1,8	9,4	16,7	18,6	15,9	9,5	1,4	-9,6	-18,5
24	Светлолобово	-20,4	-18,7	-10,3	0,9	8,8	15,5	17,8	14,6	8,6	0,9	-10,0	-17,8
25	Шира	-18,5	-17,2	-8,9	1,3	8,9	15,6	17,7	14,9	8,8	1,2	-9,1	-16,4
26	Аскиз	-16,7	-14,6	-7,4	1,9	9,7	16,9	18,1	14,9	9,4	2,0	-5,6	-12,3
27	Таштып	-18,2	-16,2	-7,7	2,2	9,3	15,5	17,4	14,7	8,5	1,2	-8,5	-15,8
28	Бея	-16,4	-14,6	-6,9	2,8	10,1	16,2	18,3	15,5	9,4	1,9	-7,3	-14,3
29	Сарыг-Сеп	-26,3	-20,8	-10,3	0,1	7,5	12,9	15,6	12,6	5,6	-2,5	-14,1	-24,0
30	Кызыл	-28,7	-23,1	-9,2	5,7	12,7	19,0	21,1	17,9	10,6	1,4	-11,7	-24,4

**Приложение 6**

**Средние декадные температуры воздуха в населенных пунктах (станциях) Красноярского края,  
Тывы и Хакасии (исследуемый год)**

№	Название станции	Январь (1)			Февраль (2)			Март (3)			Апрель (4)			Май (5)			Июнь (6)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Енисейск	-40,7	-19,1	-15,7	-16,9	-26,2	-12,3	-14,5	-18,6	-9,5	-10,0	-0,2	2,7	5,7	6,6	13,0	7,0	11,1	12,6
2	Пировское	-40,1	-17,4	-14,8	-15,4	-24,5	-11,6	-14,1	-17,6	-10,2	-9,9	0,2	2,3	5,6	6,8	12,1	7,4	10,8	11,9
3	Тюхтет	-30,1	-14,0	-12,1	-13,2	-19,9	-8,3	-11,0	-14,6	-8,2	-8,3	1,8	3,3	7,0	9,5	12,2	9,6	12,2	13,8
4	Боготол	-29,6	-13,5	-12,2	-12,7	-20,2	-8,3	-10,5	-14,4	-8,1	-8,2	1,8	2,9	6,4	9,5	11,9	9,5	11,6	13,3
5	Ачинск	-28,2	-13,0	-11,1	-12,0	-18,9	-7,8	-10,3	-14,5	-7,0	-7,8	2,5	3,3	7,3	9,5	13,1	10,2	12,0	13,7
6	Сухобюзимское	-37,6	-15,1	-15,8	-16,5	-28,2	-12,4	-13,7	-15,4	-12,8	-9,5	1,3	3,4	6,1	7,9	13,1	10,5	13,1	12,7
7	Солянка	-33,4	-14,6	-13,1	-12,9	-23,2	-10,2	-12,1	-15,0	-8,8	-6,7	1,5	2,9	6,8	7,0	14,1	11,1	12,3	11,6
8	Канск	-37,0	-16,1	-15,3	-16,5	-28,4	-12,8	-12,6	-14,9	-11,1	-5,5	1,7	3,8	6,1	7,6	13,7	11,6	13,2	12,4
9	Уяр	-33,1	-14,4	-13,0	-13,5	-24,0	-10,5	-11,8	-14,6	-9,7	-6,9	1,5	2,9	6,3	7,5	13,2	10,9	12,4	11,9
10	Красноярск	-30,6	-12,2	-11,2	-10,9	-22,1	-8,5	-10,6	-13,4	-8,4	-6,8	2,6	3,7	6,7	8,6	13,8	11,0	12,8	13,2
11	Назарово	-27,9	-13,3	-12,6	-13,2	-20,0	-9,7	-10,3	-15,1	-9,2	-8,1	1,7	3,5	6,8	9,8	12,3	10,4	12,3	13,4
12	Курагино	-31,4	-13,1	-12,3	-10,7	-23,0	-9,6	-11,8	-14,4	-10,9	-7,1	1,6	2,9	5,4	7,2	12,3	10,4	11,8	11,5
13	Ирбейское	-35,3	-16,2	-16,5	-16,3	-28,1	-12,6	-13,2	-14,5	-13,5	-6,0	1,1	3,8	5,7	7,3	12,4	11,0	12,6	12,2
14	Балахта	-30,3	-13,6	-14,6	-15,0	-24,8	-13,0	-11,5	-16,8	-13,2	-7,8	1,2	3,6	6,6	9,6	12,4	10,5	12,3	12,6
15	Ужур	-27,3	-12,8	-13,3	-13,8	-21,7	-10,6	-12,7	-15,6	-11,5	-8,0	2,0	3,6	6,1	9,5	11,4	10,2	11,6	13,1
16	Агинское	-31,5	-13,3	-14,4	-13,1	-25,8	-10,6	-12,5	-13,3	-11,8	-5,3	1,7	3,6	5,3	7,6	12,5	11,0	12,2	11,8
17	Дзержинское	-39,9	-16,5	-15,1	-15,6	-27,9	-12,3	-14,7	-16,7	-11,9	-6,1	1,4	3,6	5,7	7,3	13,4	11,0	13,2	12,1
18	Краснотуранск	-23,9	-12,6	-14,0	-12,2	-20,2	-11,2	-11,7	-13,7	-11,8	-3,7	2,4	4,9	7,3	11,6	13,2	12,3	13,6	14,5
19	Абан	-38,3	-15,5	-14,0	-14,9	-26,6	-12,2	-14,7	-17,1	-11,7	-8,1	0,9	3,1	5,8	7,1	13,5	10,9	12,8	11,5
20	Минусинск	-22,3	-13,2	-13,6	-12,4	-19,7	-9,7	-10,7	-12,6	-10,2	-1,0	3,9	6,3	9,4	13,4	14,0	12,7	14,2	14,5
21	Шушенское	-20,5	-14,1	-13,8	-12,0	-19,2	-9,0	-10,2	-11,7	-10,3	-1,2	3,2	6,0	8,9	12,2	13,1	12,1	13,5	13,2
22	Ермаковское	-19,6	-13,2	-13,0	-11,4	-18,6	-8,5	-9,7	-11,4	-10,1	-1,0	3,3	6,1	9,2	12,4	13,2	12,5	13,9	13,3
23	Каратузское	-21,0	-12,5	-13,4	-10,7	-19,2	-9,5	-10,7	-12,3	-10,6	-2,1	2,9	5,9	8,8	12,0	13,4	12,1	13,5	12,8
24	Светлолобово	-29,5	-12,5	-13,9	-13,8	-24,3	-10,4	-11,7	-15,5	-12,1	-7,1	2,2	4,2	6,5	9,9	12,1	11,0	12,6	13,5
25	Шира	-23,2	-11,9	-13,4	-11,9	-19,4	-8,5	-9,3	-12,3	-8,2	-3,7	3,4	4,5	7,4	11,7	12,1	11,3	12,5	14,0
26	Аскиз	-17,3	-12,7	-11,8	-9,9	-16,3	-5,6	-6,3	-9,6	-6,8	-0,5	4,6	5,7	9,5	13,5	12,1	12,2	14,3	13,4
27	Таштып	-16,7	-14,3	-14,7	-12,0	-18,7	-7,7	-9,0	-10,9	-9,4	-1,0	3,7	4,7	8,5	13,1	10,6	11,3	13,6	12,8
28	Бея	-16,8	-12,1	-11,2	-9,8	-16,4	-6,6	-7,5	-10,4	-8,5	-0,7	4,8	5,8	9,2	13,1	12,0	12,1	13,6	12,9
29	Сарыг-Сеп	-26,3	-26,0	-25,7	-20,5	-21,9	-16,1	-13,4	-12,3	-7,8	2,2	6,1	8,6	10,5	14,9	12,6	13,2	17,6	14,9
30	Кызыл	-26,5	-24,6	-26,5	-19,4	-24,6	-18,3	-15,8	-14,1	-11,0	-0,9	4,0	5,8	7,3	10,3	10,8	11,1	14,6	11,6

**Приложение 6 (продолжение)**

**Средние декадные температуры воздуха в населенных пунктах (станциях) Красноярского края,  
Тывы и Хакасии (исследуемый год)**

№	Название станции	Июль (7)			Август (8)			Сентябрь (9)			Октябрь (10)			Ноябрь (11)			Декабрь (12)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Енисейск	18,4	21,6	16,4	17,7	17,7	14,2	10,2	8,6	6,3	2,2	-1,3	-7,8	-8,7	-16,6	-26,4	-18,5	-9,1	-20,5
2	Пировское	17,7	20,6	14,9	17,7	16,4	13,3	9,9	8,1	6,1	1,3	-1,8	-8,0	-8,4	-15,7	-25,0	-16,6	-7,4	-18,6
3	Тюхтет	17,9	21,6	15,3	18,5	17,3	14,3	11	9,9	6,7	2,5	-0,8	-6,9	-4,7	-12,9	-25,3	-14,9	-5,9	-15,7
4	Боготол	17,1	20,9	14,5	18,3	16,5	13,9	10,5	9,6	6,4	1,7	-1,2	-6,7	-5,0	-12,6	-24,6	-13,7	-6,4	-15,1
5	Ачинск	17,8	21,7	15,4	18,8	17,5	14,7	11,5	10,4	7,1	2,1	-0,8	-6,2	-4,3	-11,9	-23,2	-13,1	-5,9	-14,4
6	Сухобузимское	17,4	21,1	15,9	18,3	17,9	14,1	10,6	9,9	7,5	1,8	-0,9	-5,7	-5,9	-13,6	-23,3	-17,2	-8,6	-15,9
7	Солянка	16,3	21,0	15,4	16,9	16,5	13,8	10,0	9,5	6,5	1,0	-1,6	-5,6	-5,7	-12,7	-21,7	-13,2	-7,4	-15,2
8	Канск	16,9	21,3	16,1	17,3	17,3	14,4	10,4	9,8	7,3	1,9	-1,1	-4,7	-5,8	-13,7	-21,2	-16,3	-11,0	-15,8
9	Уяр	15,8	20,2	15,1	16,9	16,3	13,4	9,8	9,5	6,7	1,3	-1,5	-5,4	-5,7	-13,0	-22,2	-13,4	-7,0	-14,7
10	Красноярск	17,2	21,3	15,7	18,6	17,4	14,3	10,7	10,3	7,2	1,5	-0,7	-5,1	-4,5	-11,0	-21,9	-12,5	-4,9	-13,4
11	Назарово	17,7	21,3	15,1	18,4	17,7	14,6	10,9	10,1	6,9	2,0	-0,9	-6,0	-4,8	-12,0	-23,7	-15,4	-7,4	-15,0
12	Курагино	15,3	19,4	14,7	16,9	16,1	13,3	9,7	9,6	6,4	0,9	-1,6	-5,4	-4,8	-11,1	-22,5	-12,8	-5,1	-13,4
13	Ирбейское	15,9	20,2	15,5	17,2	16,8	14,0	9,9	10,3	7,0	1,8	-1,1	-4,6	-4,8	-13,2	-21,9	-17,0	-11,2	-16,2
14	Балахта	16,5	20,0	15,2	17,8	17,0	14,1	9,8	10,6	7,5	2,4	-1,1	-5,1	-4,1	-10,9	-24,5	-16,3	-9,7	-13,3
15	Ужур	16,3	19,5	15,0	17,2	15,8	13,2	9,0	9,9	6,5	0,8	-1,8	-6,2	-5,0	-11,1	-24,9	-14,9	-9,1	-13,1
16	Агинское	15,4	19,0	15,3	16,7	16,1	13,7	10,0	10,2	7,1	2,0	-0,7	-3,4	-3,3	-11,4	-20,6	-13,3	-9,0	-13,2
17	Дзержинское	17,0	21,4	16,1	17,6	17,6	13,7	9,7	9,0	7,1	1,3	-1,4	-5,4	-7,4	-15,6	-23,2	-17,2	-10,0	-18,3
18	Краснотуранск	17,8	21,4	19,2	19,4	19,3	16,7	12,3	12,9	10,0	4,4	1,3	-1,7	-1,2	-7,9	-23,7	-14,7	-10,8	-9,8
19	Абан	16,6	21,2	15,9	17,0	16,9	13,8	9,7	9,0	6,7	1,2	-1,7	-5,6	-7,4	-14,8	-22,3	-15,5	-10,0	-17,4
20	Минусинск	17,7	21,2	19,4	19,0	19,5	16,1	11,4	12,5	9,5	4,5	0,2	-2,5	-1,9	-9,4	-25,1	-16,2	-12,2	-8,2
21	Шушенское	16,9	20,0	17,4	17,2	18,0	14,9	10,3	11,8	8,4	4,1	-0,3	-4,5	-2,4	-9,1	-24,0	-15,2	-11,1	-8,9
22	Ермаковское	17,0	20,2	17,8	17,8	18,2	15,1	10,5	11,7	8,5	4,2	-0,2	-4,1	-2,3	-8,8	-23,5	-14,9	-10,2	-8,7
23	Каратузское	16,6	20,1	17,5	17,3	18,2	15,1	10,2	11,7	8,5	4,2	-0,5	-3,6	-2,7	-9,9	-24,6	-15,5	-10,4	-7,7
24	Светлолобово	16,7	19,8	15,5	17,8	16,5	13,8	9,8	10,7	7,8	2,1	-1,1	-5,3	-4,0	-10,1	-24,1	-16,0	-8,2	-12,5
25	Шира	16,9	20,6	17,0	18,1	16,9	14,0	10,1	10,7	7,5	2,3	-0,4	-4,5	-3,7	-9,7	-24,8	-13,5	-10,1	-10,3
26	Аскиз	17,7	20,7	18,3	17,9	18,6	15,1	10,2	11,8	8,7	4,8	0,5	-1,9	-1,9	-9,7	-25,1	-14,7	-10,7	-7,3
27	Таштып	17,3	19,4	16,9	16,4	17,0	13,8	9,3	10,5	7,7	4,1	-0,2	-3,2	-2,9	-10,8	-26,0	-15,9	-11,9	-8,2
28	Бея	17,0	19,4	17,6	17,5	17,6	14,8	10,4	11,8	8,8	4,3	-1,3	-2,7	-1,6	-8,8	-23,6	-13,3	-9,8	-6,9
29	Сарыг-Сеп	17,9	21,1	19,8	17,8	19,6	16,4	10,8	11,2	7,2	3,8	0,0	-6,6	-8,4	-18,8	-30,1	-27,1	-23,6	-21,4
30	Кызыл	15,1	18,4	17,1	15,5	17,5	13,9	8,7	8,7	5,7	1,8	-2,4	-7,7	-8,6	-15,0	-28,2	-26,0	-23,9	-19,7

Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>КРАСНОЯРСК</b>						
1	-0.9	6	12.3	17.2	12.1	8.5
2	-0.2	6.8	8.6	18.6	15.8	8.3
3	-10.3	10	3.4	17	19.1	10.8
4	-11	12.1	11.6	16.4	19.7	11.7
5	-13.2	13.5	17.4	15.1	17.7	11.4
6	-14	9.9	15	15.3	17.3	12.6
7	-9	1.7	13.4	15.6	21.3	11.7
8	-9.3	1.9	6.1	16.5	20.8	9.9
9	-0.3	2	10.2	19.4	21.7	12.1
10	-0.1	3.5	12	21	20.4	10.5
11	2.4	4.2	13.1	21.9	20.8	11.3
12	3.5	11	12	22.6	20.7	12.5
13	9.5	13.1	13.6	23.1	21.3	10.5
14	2.7	9.5	15.9	23.7	16.8	9.9
15	-2.2	11.8	13.9	24	16.5	9.5
16	1.3	14.8	15.8	23.1	14.3	9.6
17	3.2	6.1	13.8	20.4	13.9	11.1
18	4.7	4.1	10.6	15.2	15.4	9.8
19	0.7	4.5	8.4	18.1	16.9	9.9
20	0.2	6.9	11	20.8	17.5	9.1
21	2.5	10.8	12.5	19.8	15.9	10.3
22	1.7	5.5	16.5	18.9	14.9	8.1
23	4.2	6.9	12.4	15.4	13.8	8.4
24	5.1	8.5	6.1	15.6	14.2	6.5
25	3.1	13.9	10.3	17	16.9	9.9
26	5.4	16.4	11.1	18	15.9	8.8
27	4.6	19.1	13.2	10.7	17.2	5.2
28	2.8	21.6	14.6	15.3	16.7	6.9
29	2.7	22.8	17.1	16.3	13.5	5.8
30	4.6	17.9	17.8	14.2	9.1	2.4
31		8.9		11.2	9.2	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ЕНИСЕЙСК</b>						
1	-0.8	5.3	10.8	17.5	14.4	7.7
2	-6.5	6.3	6.9	18.3	17.3	7.7
3	-18.1	8.9	3.2	19	19.6	11.1
4	-18.1	9.7	7.7	15.3	20.1	11
5	-18	10.3	5.7	15.7	16.3	10.9
6	-15.4	6.8	7	18.4	14.7	10.6
7	-14	1.7	7.8	18.2	15.1	11.4
8	-9.5	1.3	4.5	18.3	20	11
9	-2.2	2.4	8.7	21.7	21.9	9.8
10	2.7	4.3	8.1	21.2	18	11.2
11	3.1	5.7	9.9	23.5	17.7	13.4
12	1.9	7.2	12.2	23.6	21.4	12
13	4.4	9	13	23.3	18.4	9.1
14	0	8.5	16.9	23.5	15.8	6.9
15	-2.7	10	13.1	22.8	16.6	7.6
16	0.4	11.5	12.4	22.2	14.7	5.9
17	0.5	2.4	10.6	18.6	15.7	7.2
18	-3.6	1.8	5.9	16.5	17.5	7.2
19	-4.2	3.5	7.9	20.3	19.5	8.4
20	-1.3	6.3	8.7	22	19.2	8.9
21	0.3	12.4	10.8	19.9	18.2	9
22	3.1	5.8	14.1	16.3	15.5	4.8
23	3	6.5	10.2	14.6	14	6.8
24	3.2	8.6	6.3	15.7	14.5	7
25	3.5	13.4	9.3	17.3	16.3	9.2
26	1.3	17.5	14	17.3	15.4	7.5
27	3.1	19.6	14.5	14.5	16.2	5.8
28	2.5	21	15.1	15.9	17.2	6.3
29	2.8	20.8	15.4	17.5	13.2	4.5
30	3.8	10.4	16.5	16	8.2	2.1
31		7.3		15.1	7.7	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ПИРОВСКОЕ</b>						
1	-1.9	+4.1	+10.1	+17.8	+13.3	+6.7
2	-2.8	+5.8	+6.1	+20.7	+17.1	+6.0
3	-16.8	+8.3	+2.5	+18.1	+17.2	+10.5
4	-15.1	+11.9	+8.7	+16.9	+17.2	+12.7
5	-19.5	+11.1	+8.1	+14.4	+15.9	+11.8
6	-14.9	+7.2	+7.9	+15.2	+15.3	+10.5
7	-13.3	+0.9	+8.8	+18.1	+16.9	+10.3
8	-10.7	+0.9	+4.0	+18.3	+20.4	+10.4
9	-3.0	+1.0	+9.3	+21.3	+20.7	+9.6
10	-0.1	+3.5	+9.0	+20.3	+19.4	+11.9
11	+2.3	+3.4	+10.2	+22.0	+17.8	+12.5
12	+1.6	+10.4	+11.4	+22.8	+20.9	+11.0
13	+4.5	+11.1	+9.1	+22.9	+18.0	+7.9
14	+0.4	+8.6	+16.2	+22.4	+18.0	+6.0
15	-3.6	+10.3	+13.2	+22.3	+13.9	+4.3
16	+0.2	+12.9	+12.3	+21.9	+13.3	+5.8
17	+0.5	+2.6	+10.5	+18.3	+13.8	+7.3
18	+2.0	+1.9	+7.4	+15.2	+16.7	+8.7
19	-3.4	+2.4	+9.2	+18.4	+18.0	+9.2
20	-1.5	+6.2	+8.4	+20.4	+17.2	+8.3
21	+1.3	+11.9	+10.5	+16.9	+15.6	+8.8
22	+2.7	+5.4	+17.0	+17.0	+14.5	+4.9
23	+2.6	+4.7	+10.1	+13.5	+13.1	+7.1
24	+2.7	+8.4	+5.9	+14.4	+14.4	+6.0
25	+1.2	+11.8	+8.2	+16.9	+14.7	+8.1
26	+1.7	+15.7	+11.9	+16.8	+16.3	+6.9
27	+2.9	+16.5	+13.7	+11.8	+14.4	+4.8
28	+1.6	+19.0	+14.3	+14.2	+16.2	+6.2
29	+2.5	+20.4	+14.9	+16.5	+14.0	+4.4
30	+3.0	+11.4	+15.5	+14.3	+7.0	+1.7
31		+6.9		+13.6	+7.5	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ТЮХТЕТ</b>						
1	-2.0	+6.5	+11.4	+18.8	+12.1	+8.0
2	-2.3	+8.0	+6.6	+20.2	+15.0	+7.9
3	-14.1	+11.4	+3.7	+17.7	+18.4	+8.8
4	-13.9	+11.3	+13.2	+17.6	+20.7	+12.1
5	-16.6	+11.8	+16.0	+14.0	+18.5	+12.1
6	-13.9	+7.6	+10.5	+17.5	+18.1	+11.3
7	-12.8	+1.7	+7.9	+17.6	+22.3	+9.7
8	-8.5	+1.0	+4.6	+15.8	+23.4	+12.3
9	-0.2	+2.4	+10.5	+18.9	+19.2	+12.6
10	+0.9	+7.3	+12.0	+21.6	+19.2	+13.3
11	+2.5	+10.5	+11.2	+23.4	+19.0	+12.1
12	+4.7	+14.0	+12.4	+23.6	+22.4	+10.9
13	+5.4	+13.1	+13.4	+22.2	+17.7	+8.9
14	-0.5	+9.1	+17.6	+22.8	+14.9	+6.8
15	-2.5	+13.0	+14.0	+23.1	+13.8	+9.3
16	+0.8	+12.1	+13.9	+23.7	+16.3	+9.2
17	+2.3	+4.9	+12.1	+19.0	+16.9	+11.8
18	+5.7	+4.3	+8.0	+17.2	+16.3	+9.4
19	+0.3	+4.4	+8.7	+19.1	+17.8	+9.8
20	+2.4	+8.7	+10.5	+22.1	+17.4	+10.4
21	+2.2	+9.5	+13.3	+20.0	+16.6	+8.4
22	+3.6	+3.8	+15.7	+18.5	+16.1	+7.7
23	+5.0	+4.1	+11.3	+15.0	+15.6	+8.1
24	+3.5	+8.5	+8.8	+18.0	+15.4	+9.0
25	+1.9	+12.5	+11.3	+19.2	+15.2	+9.9
26	+4.6	+16.2	+14.5	+14.3	+15.2	+6.7
27	+1.9	+17.9	+14.3	+10.0	+16.7	+3.7
28	+1.8	+19.4	+15.1	+15.7	+17.4	+7.5
29	+3.0	+21.3	+16.6	+15.2	+11.2	+4.0
30	+3.9	+13.8	+18.1	+9.6	+9.1	+1.1
31		+6.5		+10.4	+8.4	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>БОГОТОЛ</b>						
1	-1.5	+5.6	+10.9	+16.9	+12.2	+8.5
2	-1.7	+7.0	+5.2	+18.3	+14.4	+7.5
3	-11.6	+10.5	+2.9	+18.4	+18.7	+10.0
4	-13.7	+11.4	+13.2	+16.6	+20.1	+11.0
5	-16.8	+11.5	+15.3	+13.7	+18.4	+10.1
6	-14.4	+7.0	+12.4	+16.7	+17.9	+11.5
7	-12.0	+1.0	+8.6	+16.3	+21.1	+10.5
8	-8.7	+1.5	+4.2	+15.4	+22.8	+11.2
9	-0.4	+1.4	+10.6	+18.8	+19.2	+12.4
10	+0.5	+7.2	+11.8	+20.6	+19.2	+12.6
11	+2.7	+11.1	+11.6	+21.5	+19.5	+11.7
12	+5.0	+13.5	+11.7	+22.6	+21.3	+10.6
13	+6.0	+13.7	+13.6	+21.6	+17.5	+9.3
14	-1.1	+9.4	+16.6	+21.8	+14.2	+6.9
15	-3.1	+12.3	+12.6	+23.5	+15.1	+9.0
16	+0.7	+13.1	+12.6	+22.6	+15.1	+8.3
17	+2.2	+5.3	+11.4	+18.4	+15.0	+11.6
18	+3.5	+3.7	+7.0	+16.5	+15.3	+9.3
19	+3.7	+4.1	+8.3	+18.9	+15.9	+9.8
20	+2.9	+9.1	+9.8	+21.5	+16.0	+9.7
21	+2.2	+7.9	+12.7	+19.0	+16.3	+8.4
22	+1.9	+3.6	+15.7	+18.3	+15.6	+7.4
23	+3.8	+4.4	+11.1	+14.9	+14.9	+7.7
24	+3.1	+8.0	+6.9	+16.7	+14.1	+8.5
25	+2.7	+11.9	+11.0	+17.3	+14.7	+11.4
26	+6.1	+15.9	+13.7	+14.3	+15.5	+6.2
27	+2.0	+16.7	+13.5	+10.4	+16.2	+3.9
28	+2.3	+19.7	+14.9	+14.6	+17.3	+6.2
29	+2.3	+21.1	+16.3	+13.8	+10.1	+4.0
30	+4.0	+13.5	+17.9	+11.8	+9.1	+1.5
31		+7.1		+9.4	+7.6	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>АЧИНСК</b>						
1	-1.3	+7.0	+11.6	+18.7	+12.9	+8.9
2	-2.4	+8.8	+6.5	+18.5	+15.2	+8.8
3	-13.0	+12.3	+3.0	+17.4	+18.6	+10.4
4	-13.5	+13.5	+12.8	+16.5	+20.6	+12.6
5	-16.3	+13.9	+16.7	+14.6	+17.9	+13.4
6	-12.8	+7.5	+13.8	+16.7	+17.9	+11.3
7	-11.3	+1.3	+10.0	+17.0	+21.9	+11.1
8	-8.7	+1.3	+4.5	+17.2	+22.4	+12.1
9	-0.3	+2.1	+11.0	+19.6	+20.2	+12.9
10	+1.8	+5.3	+11.9	+22.3	+20.3	+13.5
11	+4.2	+9.6	+12.0	+23.4	+19.9	+12.0
12	+5.6	+14.7	+11.6	+24.5	+22.7	+11.5
13	+7.0	+12.9	+14.3	+22.1	+18.8	+10.2
14	0.0	+9.0	+15.9	+22.1	+15.8	+7.9
15	-2.8	+13.0	+13.9	+23.5	+15.5	+9.3
16	+1.5	+13.5	+13.4	+24.3	+16.7	+10.0
17	+2.6	+5.3	+12.3	+19.5	+16.5	+12.6
18	+3.8	+3.9	+8.0	+15.4	+16.5	+9.9
19	+0.7	+4.7	+8.4	+18.7	+16.1	+10.1
20	+2.0	+8.8	+10.2	+23.0	+17.0	+11.0
21	+2.5	+11.0	+13.8	+20.1	+17.0	+9.2
22	+3.1	+5.1	+15.9	+18.0	+16.1	+7.8
23	+5.0	+5.4	+11.3	+15.8	+15.3	+8.2
24	+3.9	+8.2	+6.3	+18.0	+15.1	+9.8
25	+2.9	+12.7	+10.8	+18.4	+15.6	+10.6
26	+5.8	+17.7	+13.6	+15.8	+16.4	+7.8
27	+2.3	+19.7	+14.4	+10.3	+16.9	+4.7
28	+1.8	+20.6	+15.1	+15.5	+18.3	+7.2
29	+2.1	+22.2	+16.9	+15.6	+11.3	+4.2
30	+4.0	+14.5	+18.8	+11.8	+9.8	+1.7
31		+7.1		+10.0	+9.4	

Приложение 7 (продолжение)

Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>СУХОБУЗИМСКОЕ</b>						
1	-1.0	+4.8	+10.7	+17.0	+12.4	+7.6
2	-1.5	+6.5	+9.0	+18.4	+17.6	+7.5
3	-14.1	+8.4	+4.0	+17.3	+19.0	+10.5
4	-10.8	+12.7	+11.3	+15.8	+20.3	+13.6
5	-17.6	+11.8	+16.9	+14.5	+20.4	+10.3
6	-14.9	+10.6	+13.5	+14.2	+15.8	+13.4
7	-12.4	+1.1	+12.5	+16.9	+18.5	+11.2
8	-12.1	+2.0	+5.7	+17.8	+21.7	+11.3
9	-3.2	+0.3	+11.3	+20.7	+20.9	+11.3
10	-2.0	+2.4	+10.1	+20.8	+21.5	+10.4
11	+0.9	+3.5	+14.4	+21.9	+20.6	+12.0
12	+0.7	+10.1	+12.3	+23.1	+21.5	+12.7
13	+4.8	+13.5	+13.6	+22.7	+21.9	+10.0
14	+4.0	+9.6	+15.5	+24.0	+16.7	+10.2
15	-2.0	+11.1	+15.2	+23.4	+17.7	+7.3
16	+0.8	+13.5	+14.6	+22.3	+15.2	+8.0
17	+2.4	+5.4	+14.7	+20.6	+14.4	+10.6
18	+4.0	+4.3	+11.0	+16.1	+16.2	+10.0
19	+0.1	+2.3	+9.5	+18.0	+19.0	+10.3
20	-0.8	+7.1	+11.6	+19.1	+16.1	+9.1
21	+2.2	+12.2	+11.8	+18.5	+15.0	+9.9
22	+3.1	+6.0	+17.6	+17.0	+15.4	+8.2
23	+3.2	+6.9	+11.0	+14.2	+14.1	+8.5
24	+4.6	+10.2	+6.9	+16.9	+15.6	+8.1
25	+3.0	+12.9	+9.7	+16.9	+15.0	+9.6
26	+4.6	+15.0	+11.4	+19.0	+14.8	+9.4
27	+4.7	+16.8	+14.0	+10.6	+15.8	+5.2
28	+2.9	+19.1	+14.6	+15.4	+17.8	+6.4
29	+3.2	+20.0	+16.2	+18.3	+14.9	+5.9
30	+4.0	+16.5	+15.9	+16.0	+7.2	+3.0
31		+9.2		+12.0	+8.7	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>СОЛЯНКА</b>						
1	-2.1	+5.5	+10.9	+17.1	+11.3	+7.5
2	-0.8	+8.1	+9.9	+18.5	+14.5	+7.7
3	-9.2	+11.0	+2.8	+15.4	+17.3	+9.1
4	-7.1	+13.3	+9.7	+14.4	+17.8	+11.6
5	-13.6	+14.9	+16.2	+13.1	+16.3	+11.5
6	-12.5	+10.3	+17.6	+13.0	+16.0	+10.4
7	-8.5	+0.9	+14.3	+14.2	+17.9	+10.3
8	-8.9	+0.9	+6.0	+16.6	+20.2	+9.8
9	-3.2	+0.8	+11.4	+18.8	+19.3	+11.3
10	-1.2	+2.0	+11.6	+21.9	+18.1	+10.7
11	+1.9	+1.6	+13.2	+22.5	+19.0	+12.1
12	+2.4	+7.9	+11.2	+23.5	+21.7	+10.8
13	+6.7	+10.9	+11.7	+23.5	+22.4	+10.6
14	+3.6	+7.8	+15.5	+23.4	+16.6	+9.4
15	-3.2	+11.2	+14.3	+21.9	+14.3	+7.2
16	-0.3	+13.8	+15.2	+22.8	+14.3	+8.1
17	+1.6	+5.3	+14.4	+21.1	+12.1	+9.7
18	+3.7	+2.4	+10.0	+14.7	+14.6	+9.4
19	-0.2	+3.2	+8.0	+16.5	+14.7	+9.2
20	-1.5	+6.4	+9.7	+20.1	+15.4	+8.2
21	+1.6	+10.8	+12.4	+19.0	+14.9	+9.3
22	+2.3	+5.6	+16.0	+17.4	+13.9	+6.8
23	+3.3	+6.7	+12.2	+15.0	+14.3	+7.0
24	+5.0	+10.2	+5.0	+15.3	+14.6	+6.9
25	+2.9	+14.7	+7.4	+15.6	+14.8	+8.0
26	+3.5	+17.6	+9.3	+17.9	+16.1	+8.3
27	+4.5	+19.8	+11.4	+11.1	+16.3	+5.4
28	+0.9	+21.2	+12.5	+14.4	+17.4	+5.9
29	+1.8	+21.8	+14.2	+16.0	+13.6	+5.7
30	+3.4	+18.2	+15.4	+16.5	+8.6	+1.6
31		+9.0		+11.3	+7.5	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>КАНСК</b>						
1	-0.6	+4.5	+11.0	+16.6	+11.6	+7.9
2	0.0	+6.7	+11.5	+18.3	+15.9	+7.1
3	-7.2	+9.2	+4.4	+15.4	+16.8	+11.0
4	-6.2	+11.5	+11.3	+15.9	+18.2	+12.7
5	-11.7	+11.6	+17.6	+14.2	+17.5	+10.1
6	-12.4	+9.9	+15.8	+13.6	+16.3	+10.8
7	-6.7	+3.5	+14.6	+15.3	+17.8	+11.4
8	-7.9	+1.8	+7.2	+18.1	+20.4	+11.2
9	-2.9	+0.7	+10.9	+19.1	+19.2	+12.0
10	+0.9	+2.8	+12.1	+22.1	+19.1	+10.7
11	+1.9	+4.2	+13.0	+21.6	+19.9	+12.1
12	+1.6	+6.8	+11.8	+23.1	+21.5	+10.0
13	+5.4	+11.6	+12.9	+24.0	+22.6	+11.7
14	+2.0	+8.2	+15.5	+24.3	+18.0	+9.9
15	-1.1	+11.5	+15.5	+22.1	+15.6	+7.6
16	+0.3	+12.9	+16.2	+22.3	+15.2	+8.9
17	+1.8	+6.2	+15.7	+21.0	+12.9	+9.7
18	+4.3	+3.3	+11.3	+16.0	+15.5	+10.8
19	+0.7	+3.9	+9.3	+18.1	+16.0	+10.3
20	-1.3	+6.0	+11.1	+19.7	+16.4	+7.4
21	+2.6	+11.0	+12.4	+19.0	+16.2	+10.3
22	+4.0	+7.7	+16.8	+18.5	+15.2	+8.2
23	+4.5	+7.3	+13.2	+17.2	+14.7	+7.6
24	+6.3	+10.4	+6.9	+15.9	+14.7	+7.1
25	+3.8	+14.6	+8.2	+16.1	+15.1	+7.3
26	+4.4	+15.4	+11.1	+19.2	+16.9	+9.1
27	+5.7	+16.9	+12.1	+12.1	+16.7	+5.9
28	+2.1	+18.6	+13.8	+15.3	+17.3	+6.4
29	+2.4	+20.2	+13.9	+17.4	+14.4	+7.7
30	+1.8	+18.3	+15.8	+16.3	+9.5	+2.9
31		+10.3		+12.4	+8.7	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>УЯР</b>						
1	-1.8	+5.0	+11.0	+16.0	+11.0	+7.7
2	-0.7	+6.8	+10.5	+17.1	+15.6	+7.9
3	-8.3	+10.1	+3.5	+15.0	+16.4	+10.0
4	-7.8	+12.8	+10.4	+14.5	+17.0	+10.9
5	-13.1	+13.1	+16.0	+13.2	+15.9	+11.1
6	-14.7	+10.6	+15.4	+13.3	+17.0	+11.6
7	-8.5	+1.0	+14.3	+13.9	+18.8	+10.8
8	-8.8	+0.8	+5.8	+16.3	+19.8	+9.4
9	-2.6	+0.4	+12.4	+18.8	+19.5	+11.7
10	-1.7	+1.8	+11.4	+20.0	+18.0	+9.6
11	+3.1	+2.2	+17.4	+21.7	+19.6	+11.2
12	+2.3	+9.9	+12.4	+22.2	+21.1	+11.6
13	+6.8	+11.6	+12.3	+22.0	+21.8	+9.1
14	+4.7	+8.6	+16.2	+20.1	+16.4	+9.7
15	-3.1	+11.3	+13.4	+21.7	+14.8	+7.4
16	-0.7	+14.4	+15.1	+21.9	+13.2	+8.8
17	+1.5	+5.7	+14.6	+20.7	+11.8	+10.5
18	+3.5	+3.4	+11.9	+14.7	+13.2	+9.5
19	+0.7	+3.8	+8.1	+16.3	+16.2	+9.4
20	-1.7	+7.0	+9.5	+19.1	+15.1	+7.5
21	+1.6	+10.6	+12.2	+18.2	+14.2	+9.2
22	+1.6	+5.6	+16.3	+16.9	+14.1	+7.1
23	+4.6	+5.6	+12.0	+14.6	+13.7	+7.5
24	+5.3	+9.1	+5.6	+14.9	+13.9	+6.7
25	+3.4	+13.4	+8.0	+15.1	+15.3	+8.7
26	+4.4	+15.8	+9.9	+18.2	+15.0	+8.6
27	+4.5	+17.7	+15.8	+11.1	+15.4	+5.3
28	+1.5	+19.8	+13.2	+14.3	+16.6	+6.7
29	+1.7	+21.1	+14.8	+16.4	+14.1	+5.6
30	+2.7	+18.1	+16.6	+15.3	+7.7	+1.8
31		+9.3		+11.4	+7.5	



Приложение 7 (продолжение)

Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>НАЗАРОВО</b>						
1	-0.3	+8.0	+11.6	+18.7	+12.9	+8.9
2	-1.4	+8.8	+6.5	+19.5	+16.2	+9.8
3	-12.0	+12.3	+3.0	+17.4	+18.6	+10.4
4	-12.5	+13.5	+12.8	+16.5	+20.6	+13.6
5	-15.3	+14.9	+17.7	+14.6	+17.9	+13.4
6	-13.8	+7.5	+13.8	+16.7	+17.9	+12.9
7	-11.3	+1.3	+11.0	+17.0	+21.9	+11.1
8	-7.7	+2.3	+4.5	+17.2	+22.4	+12.6
9	-0.3	+2.1	+11.0	+19.6	+20.2	+12.9
10	+2.8	+5.3	+11.9	+22.3	+20.3	+13.5
11	+5.2	+9.6	+12.0	+23.4	+19.9	+12.0
12	+6.6	+15.7	+13.6	+24.5	+22.9	+12.9
13	+8.0	+12.9	+14.3	+22.6	+18.8	+10.2
14	+1.0	+9.0	+16.9	+22.6	+15.8	+7.9
15	-2.8	+13.0	+13.9	+23.5	+17.5	+9.3
16	+2.5	+14.5	+13.4	+24.3	+16.7	+10.0
17	+2.6	+5.3	+12.3	+19.6	+16.9	+12.6
18	+4.8	+3.9	+9.0	+15.4	+17.5	+9.9
19	+0.7	+5.7	+8.4	+18.7	+16.1	+10.1
20	+3.0	+8.8	+10.2	+23.0	+17.0	+12.0
21	+2.5	+12.0	+13.8	+20.1	+17.9	+9.2
22	+3.1	+5.1	+15.9	+18.0	+16.1	+8.8
23	+6.0	+6.4	+11.3	+15.8	+15.3	+8.9
24	+3.9	+8.2	+6.3	+18.0	+17.1	+9.8
25	+2.9	+13.7	+11.8	+18.4	+15.9	+10.6
26	+6.8	+17.7	+13.6	+16.8	+16.4	+7.8
27	+2.3	+19.7	+14.4	+10.3	+16.9	+4.9
28	+1.8	+20.6	+15.1	+15.5	+19.3	+7.2
29	+3.1	+22.2	+16.9	+15.6	+11.3	+4.2
30	+4.0	+14.5	+18.8	+11.8	+9.8	+1.7
31		+7.1		+10.0	+9.4	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>КУРАГИНО</b>						
1	-1.7	+4.2	+10.0	+15.6	+10.8	+8.1
2	-1.2	+5.5	+9.5	+16.8	+14.3	+7.7
3	-8.8	+8.9	+2.8	+13.9	+16.4	+8.8
4	-8.0	+10.8	+10.1	+13.8	+16.1	+9.7
5	-13.4	+10.9	+15.7	+13.3	+16.4	+9.8
6	-14.1	+10.4	+14.7	+13.1	+17.2	+12.4
7	-9.5	+1.5	+14.3	+14.8	+18.9	+10.8
8	-10.7	+0.5	+5.6	+16.2	+20.4	+9.2
9	-1.9	-0.8	+11.1	+18.6	+19.8	+11.2
10	-1.6	+2.3	+11.0	+18.5	+18.7	+10.0
11	+1.2	+2.6	+18.7	+20.1	+20.0	+10.4
12	+2.1	+7.8	+11.1	+20.2	+20.6	+11.5
13	+8.2	+11.3	+10.1	+20.6	+21.7	+9.5
14	+3.2	+8.4	+16.0	+21.4	+15.6	+9.3
15	-2.8	+9.9	+13.2	+21.3	+14.6	+9.1
16	-0.1	+13.4	+15.1	+21.2	+12.4	+9.0
17	+1.9	+5.4	+14.4	+19.7	+12.2	+11.1
18	+5.2	+3.1	+9.7	+14.7	+13.8	+9.0
19	+0.4	+3.5	+7.9	+16.4	+14.7	+9.4
20	-1.1	+5.8	+8.8	+18.1	+16.5	+7.9
21	+1.4	+10.9	+10.9	+17.1	+15.2	+9.1
22	+2.1	+4.3	+16.9	+17.0	+14.3	+7.0
23	+3.8	+6.1	+12.2	+15.4	+13.5	+7.4
24	+4.3	+8.4	+4.9	+14.0	+14.4	+6.1
25	+4.0	+11.3	+7.5	+15.0	+16.2	+8.2
26	+4.1	+14.2	+10.6	+18.1	+13.8	+8.4
27	+4.6	+15.8	+11.2	+10.6	+14.9	+4.6
28	+1.7	+17.8	+12.4	+13.6	+15.3	+6.1
29	+1.9	+21.3	+13.9	+15.6	+12.3	+5.1
30	+3.1	+16.4	+14.3	+14.4	+7.6	+1.7
31		+9.0		+10.8	+8.0	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ИРБЕЙСКОЕ</b>						
1	-0.3	+4.2	+10.4	+15.3	+10.7	+6.6
2	+1.7	+5.8	+9.8	+18.9	+15.1	+6.9
3	-7.2	+8.3	+4.0	+14.6	+16.0	+9.9
4	-3.9	+10.3	+10.6	+15.1	+16.2	+11.8
5	-11.8	+10.5	+13.8	+12.5	+19.9	+9.0
6	-14.2	+10.1	+14.2	+14.3	+17.2	+11.9
7	-7.9	+2.7	+14.1	+15.2	+18.7	+10.5
8	-11.3	+1.0	+8.0	+16.8	+20.2	+9.2
9	-2.3	+0.5	+12.2	+18.1	+19.9	+12.6
10	-2.2	+2.5	+12.9	+20.5	+17.0	+10.4
11	0.0	+2.5	+15.4	+20.6	+18.8	+11.7
12	+1.8	+8.4	+13.8	+21.8	+20.5	+11.0
13	+4.9	+10.8	+17.1	+22.2	+21.2	+11.0
14	+1.0	+8.3	+14.5	+22.5	+17.3	+8.7
15	-3.2	+10.8	+14.6	+21.6	+14.7	+9.2
16	-0.1	+13.0	+15.3	+21.3	+13.4	+9.7
17	+1.3	+6.5	+16.9	+19.9	+15.5	+11.7
18	+3.3	+4.4	+10.2	+16.3	+16.3	+10.5
19	+1.5	+3.6	+10.9	+18.0	+20.8	+10.7
20	-1.9	+5.8	+10.7	+19.1	+15.7	+7.8
21	+2.6	+9.9	+11.5	+17.5	+15.0	+10.3
22	+4.2	+6.3	+17.3	+18.2	+13.9	+8.0
23	+5.1	+6.2	+13.9	+14.3	+13.3	+7.8
24	+5.4	+9.8	+7.6	+14.8	+13.7	+6.5
25	+1.2	+11.2	+10.1	+14.2	+16.6	+7.1
26	+4.8	+14.0	+10.2	+18.8	+14.6	+9.2
27	+6.5	+16.0	+11.9	+13.2	+14.9	+5.6
28	+2.3	+17.3	+13.6	+15.6	+15.9	+5.9
29	+3.0	+19.2	+14.6	+15.5	+15.8	+6.1
30	+1.8	+16.8	+15.3	+15.3	+10.3	+2.9
31		+10.6		+12.5	+8.9	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>БАЛАХТА</b>						
1	-1.2	+4.3	+13.8	+17.7	+13.5	+20.8
2	-0.0	+2.4	+12.0	+17.1	+12.4	+20.5
3	-2.5	+4.4	+12.1	+15.2	+11.6	+8.6
4	-4.5	+3.4	+13.3	+13.3	+15.7	+7.5
5	+0.4	+3.4	+10.8	+16.0	+15.3	+10.4
6	-4.9	+4.2	+11.2	+19.7	+11.0	+12.4
7	-12.5	+6.6	+14.9	+22.0	+12.9	+16.6
8	-8.3	+8.9	+20.9	+16.7	+15.8	+17.1
9	-8.6	+5.5	+21.9	+15.0	+15.8	+16.6
10	-10.7	+1.0	+18.2	+19.1	+13.2	+8.3
11	-10.2	+3.3	+17.5	+18.0	+10.9	+7.8
12	-6.9	+3.6	+20.2	+16.7	+13.0	+8.3
13	-0.7	+5.5	+13.7	+16.0	+12.5	+0.9
14	+1.0	+10.4	+14.7	+18.4	+15.4	+2.8
15	+2.3	+10.7	+21.0	+19.1	+15.3	+5.7
16	+1.7	+11.5	+19.6	+21.2	+10.3	+5.4
17	+1.6	+7.2	+14.9	+22.7	+10.2	+9.0
18	+1.4	+4.0	+14.0	+24.7	+11.5	+4.2
19	+2.2	+1.5	+18.2	+19.2	+13.1	+3.2
20	+2.4	+0.1	+21.3	+16.3	+13.5	+5.3
21	+6.1	+3.9	+23.6	+17.4	+17.4	+12.0
22	+5.0	+3.6	+20.7	+17.0	+20.0	+11.3
23	+1.8	+7.8	+14.4	+15.9	+21.3	+8.7
24	+0.2	+10.2	+12.8	+17.2	+16.8	+5.0
25	+4.0	+9.0	+16.1	+18.7	+10.5	+2.4
26	+8.0	+13.0	+15.0	+21.3	+13.1	+4.1
27	+8.9	+16.2	+15.0	+18.0	+16.3	+10.5
28	+10.7	+16.9	+15.6	+13.4	+13.4	+10.3
29	+11.1	+17.0	+17.9	+12.3	+16.6	+11.2
30	+10.6	+17.6	+18.3	+13.6	+15.7	+8.8
31		+18.9		+13.7	+19.3	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>УЖУР</b>						
1	-0.6	+3.8	+10.3	+16.0	+11.6	+7.9
2	-0.6	+4.3	+7.7	+16.7	+14.1	+6.5
3	-9.0	+8.5	+3.4	+15.5	+16.0	+7.1
4	-12.4	+9.3	+13.5	+16.3	+17.6	+8.7
5	-15.7	+11.5	+15.3	+14.2	+18.4	+8.3
6	-17.2	+7.9	+13.1	+15.3	+17.5	+10.6
7	-11.8	+0.9	+10.9	+15.8	+19.3	+8.0
8	-9.8	+2.2	+5.4	+15.8	+20.8	+12.7
9	-0.7	+3.4	+10.9	+18.4	+18.5	+10.8
10	-2.0	+9.0	+12.5	+19.9	+18.4	+11.3
11	-0.0	+13.9	+12.0	+21.4	+18.7	+10.2
12	+2.2	+14.4	+10.1	+20.8	+19.1	+9.4
13	+5.4	+13.0	+11.9	+19.9	+17.6	+9.7
14	+1.1	+8.7	+15.4	+17.4	+15.8	+9.3
15	-0.5	+9.9	+13.7	+21.4	+15.9	+6.4
16	+0.8	+12.0	+12.9	+22.0	+13.2	+11.4
17	+3.3	+7.1	+12.3	+18.7	+13.2	+9.4
18	+4.5	+4.3	+8.4	+16.7	+14.4	+10.7
19	+1.4	+4.0	+8.1	+18.2	+14.0	+10.7
20	+3.4	+8.4	+10.5	+18.8	+16.0	+8.5
21	+2.6	+10.2	+12.0	+19.3	+15.9	+7.1
22	+4.5	+4.5	+16.1	+19.1	+15.3	+7.6
23	+3.7	+5.0	+11.4	+16.4	+14.4	+7.3
24	+4.4	+5.7	+6.9	+17.2	+13.5	+9.1
25	+3.7	+10.1	+11.7	+17.5	+15.5	+6.9
26	+7.3	+13.0	+13.6	+15.1	+15.0	+4.4
27	+2.6	+14.6	+13.8	+11.1	+13.9	+8.1
28	+1.7	+17.3	+15.8	+13.9	+14.7	+4.9
29	+2.8	+18.5	+14.8	+13.9	+10.6	+4.6
30	+3.6	+17.7	+15.6	+11.0	+7.1	+7.9
31		+8.0		+9.5	+7.9	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>АГИНСКОЕ</b>						
1	-0.1	+3.2	+10.5	+15.8	+10.7	+8.0
2	+2.7	+5.1	+10.0	+16.3	+14.1	+8.6
3	-4.4	+7.8	+4.2	+14.9	+17.4	+10.0
4	-4.4	+10.4	+11.0	+14.6	+16.2	+9.6
5	-11.3	+10.5	+15.1	+14.0	+18.1	+9.4
6	-13.4	+10.5	+14.9	+13.4	+16.5	+11.5
7	-8.0	+2.8	+12.8	+14.3	+19.5	+12.5
8	-10.1	+1.8	+7.0	+16.6	+17.0	+8.6
9	-1.7	-0.5	+11.3	+16.7	+19.6	+12.7
10	+0.3	+2.0	+14.3	+19.0	+17.8	+11.0
11	+1.2	+3.6	+14.9	+20.0	+18.4	+9.7
12	+0.6	+8.0	+12.0	+20.2	+20.0	+13.5
13	+5.9	+11.9	+11.9	+20.8	+21.1	+9.2
14	+0.1	+9.0	+14.5	+20.5	+16.5	+8.3
15	-1.0	+10.9	+14.5	+20.8	+13.6	+6.9
16	+1.4	+12.3	+14.8	+19.7	+12.8	+14.0
17	+2.1	+7.1	+15.6	+19.2	+12.7	+10.5
18	+5.6	+3.4	+8.3	+15.3	+14.0	+10.7
19	+1.7	+4.8	+7.6	+15.6	+15.5	+8.4
20	-1.2	+5.9	+9.7	+17.9	+15.4	+11.1
21	+2.7	+10.6	+11.7	+18.1	+13.7	+8.3
22	+1.8	+6.9	+17.7	+17.4	+14.2	+7.3
23	+3.6	+5.4	+12.9	+15.7	+13.7	+5.4
24	+4.0	+8.6	+6.5	+14.5	+13.9	+7.8
25	+4.1	+13.0	+8.1	+13.9	+16.8	+9.4
26	+5.3	+14.2	+9.5	+17.5	+15.3	+6.6
27	+6.9	+16.6	+10.7	+13.4	+16.5	+7.3
28	+2.5	+17.1	+13.6	+13.9	+16.8	+6.8
29	+2.2	+19.4	+13.0	+16.6	+13.5	+2.2
30	+2.2	+16.6	+13.8	+14.3	+10.1	+8.0
31		+10.6		+12.9	+8.0	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ДЗЕРЖИНСКОЕ</b>						
1	-1.2	+4.8	+10.2	+17.7	+13.1	+7.5
2	+0.1	+6.2	+11.4	+18.0	+16.2	+7.0
3	-10.4	+8.7	+3.4	+15.8	+18.8	+10.5
4	-10.8	+11.0	+9.6	+16.4	+18.6	+12.5
5	-15.3	+11.6	+17.0	+14.0	+17.5	+10.5
6	-15.9	+10.3	+15.8	+14.8	+15.8	+8.9
7	-10.6	+1.7	+13.7	+14.0	+17.9	+10.2
8	-9.8	+1.3	+6.8	+18.0	+21.0	+10.0
9	-4.6	+0.6	+12.0	+20.3	+20.0	+9.6
10	+0.8	+2.7	+10.8	+21.8	+19.9	+10.7
11	+1.6	+5.3	+14.4	+22.7	+19.2	+11.8
12	+1.1	+9.0	+10.7	+23.6	+21.6	+11.2
13	+5.2	+10.9	+13.7	+24.4	+22.4	+12.2
14	+1.9	+8.3	+17.3	+22.6	+17.9	+10.4
15	-1.9	+11.4	+16.0	+23.8	+15.7	+4.9
16	+0.6	+12.8	+16.4	+21.0	+15.5	+5.2
17	+3.4	+5.1	+13.8	+16.3	+12.6	+7.7
18	+4.8	+3.2	+10.5	+17.4	+16.1	+9.2
19	-0.9	+2.7	+9.1	+20.1	+16.8	+10.3
20	-1.6	+5.8	+10.2	+19.1	+18.5	+6.9
21	+2.3	+11.5	+11.3	+17.2	+16.3	+9.8
22	+3.4	+7.3	+15.3	+14.7	+14.8	+8.3
23	+4.3	+6.7	+12.7	+15.6	+15.0	+8.1
24	+6.3	+9.5	+6.5	+16.9	+13.7	+6.2
25	+4.5	+13.1	+7.6	+19.6	+14.7	+8.4
26	+3.0	+16.2	+11.2	+10.9	+16.2	+8.6
27	+4.8	+17.5	+12.8	+15.1	+16.7	+6.5
28	+2.1	+19.4	+13.2	+17.3	+16.6	+6.1
29	+2.4	+21.2	+14.8	+15.7	+13.8	+6.3
30	+2.9	+15.6	+16.1	+13.8	+6.0	+2.4
31		+9.4		+17.7	+7.4	
Дата	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь

	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<b>КРАСНОТУРАНСК</b>						
1	+0.4	+4.6	+10.7	+16.6	+12.6	+8.2
2	+2.0	+9.0	+10.4	+16.8	+14.9	+9.2
3	-0.4	+9.3	+5.4	+16.1	+17.2	+10.7
4	-0.5	+11.7	+12.9	+17.5	+17.5	+9.7
5	-9.2	+13.0	+13.9	+15.2	+18.0	+10.6
6	-9.0	+11.1	+15.0	+13.6	+20.2	+10.9
7	-6.5	+4.5	+13.4	+16.0	+20.8	+11.0
8	-7.1	+4.2	+8.0	+17.3	+21.2	+11.2
9	-1.4	+5.3	+11.6	+19.1	+19.3	+11.2
10	0.0	+11.2	+14.2	+20.6	+20.3	+13.0
11	+1.0	+13.3	+15.5	+22.2	+19.7	+10.3
12	+2.4	+16.4	+12.7	+22.4	+21.9	+11.9
13	+5.4	+13.6	+11.4	+21.0	+23.2	+11.8
14	+3.4	+10.0	+14.4	+19.0	+19.3	+11.4
15	-1.6	+10.8	+15.4	+22.6	+16.8	+10.7
16	+0.5	+14.9	+16.2	+22.3	+14.0	+10.5
17	+3.4	+9.6	+16.8	+20.2	+14.8	+12.8
18	+2.8	+6.7	+11.5	+17.4	+17.1	+11.7
19	+4.1	+5.5	+10.1	+18.1	+17.0	+12.6
20	+6.4	+9.4	+10.6	+19.3	+18.5	+12.0
21	+6.7	+12.9	+12.9	+20.1	+16.8	+10.7
22	+7.3	+7.0	+16.1	+19.2	+18.3	+10.0
23	+4.4	+7.9	+15.3	+18.3	+17.8	+9.8
24	+5.4	+8.7	+9.0	+18.3	+16.8	+9.7
25	+5.9	+10.9	+11.2	+19.8	+15.8	+9.4
26	+8.7	+14.7	+10.1	+20.0	+15.5	+10.1
27	+5.6	+16.4	+12.4	+14.9	+15.3	+8.4
28	+4.2	+18.8	+15.3	+14.2	+17.5	+7.8
29	+3.6	+19.4	+14.9	+16.5	+13.9	+8.6
30	+4.2	+18.4	+15.7	+15.2	+9.4	+4.5
31		+12.5		+11.7	+10.5	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>АБАН</b>						
1	-1.7	+3.9	+10.4	+15.7	+10.4	+6.9
2	0.3	+5.7	+10.5	+17.3	+15.9	+7.1
3	-7.2	+9.2	+4.4	+15.4	+14.8	+11.0
4	-6.2	+11.5	+11.3	+15.9	+18.2	+12.7
5	-11.2	+11.6	+17.6	+14.2	+17.5	+10.1
6	-12.4	+9.9	+13.8	+13.6	+16.3	+10.8
7	-6.7	+3.5	+14.6	+15.3	+17.8	+10.4
8	-7.9	+1.8	+7.2	+18.1	+20.4	+10.2
9	-2.9	+0.7	+10.9	+19.1	+18.2	+12.0
10	+0.9	+2.8	+12.1	+22.1	+19.1	+10.7
11	+1.9	+4.2	+13.0	+20.6	+18.9	+12.1
12	+1.6	+6.8	+11.2	+23.1	+21.5	+10.0
13	+5.0	+11.3	+12.9	+24.0	+22.6	+11.7
14	+2.0	+8.2	+15.5	+22.3	+18.0	+9.9
15	-1.1	+11.5	+15.5	+22.1	+14.6	+7.6
16	+0.3	+12.9	+16.2	+22.3	+15.2	+6.9
17	+1.8	+6.2	+15.7	+20.0	+12.9	+9.7
18	+4.3	+3.3	+10.3	+16.0	+15.5	+10.8
19	+0.7	+3.3	+9.3	+18.1	+16.0	+10.3
20	-1.9	+6.0	+11.1	+19.7	+16.4	+7.4
21	+2.2	+11.0	+12.4	+19.0	+16.2	+10.3
22	+4.0	+7.3	+16.8	+18.5	+15.2	+8.2
23	+4.5	+7.3	+11.2	+17.2	+14.7	+7.6
24	+6.3	+10.4	+6.9	+14.9	+14.7	+7.1
25	+3.8	+14.6	+8.2	+16.1	+13.1	+7.3
26	+4.4	+15.4	+11.1	+19.2	+16.9	+8.1
27	+5.7	+16.9	+12.1	+12.1	+14.7	+5.9
28	+2.1	+18.6	+12.8	+14.3	+17.3	+6.4
29	+2.4	+18.2	+13.9	+17.4	+14.4	+7.7
30	+1.3	+18.3	+15.8	+16.3	+9.5	+2.9
31		+9.3		+11.4	+6.7	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>МИНУСИНСК</b>						
1	2,3	4	12.2	16.4	13	9.5
2	4.2	8.3	10.9	16.8	14.2	9.8
3	-1	10.8	7.3	16.9	17.5	10.9
4	-0.1	13.3	12.3	16.5	20.2	9.8
5	-5.7	12.8	14.8	16.6	19.8	10.7
6	-5.8	12.6	16.1	17.2	21	11.7
7	-3.7	5.2	15.3	17.3	21.8	12
8	-2.3	6.5	9.7	18.6	22.5	12.8
9	0.6	7.1	12.2	19.7	19.9	13.5
10	1.7	13.6	16.6	21.1	20.5	13.1
11	1.9	17.4	16.3	23.6	21.5	11.6
12	3.3	18.2	12.8	24.1	22.7	12.5
13	6.5	14.5	12.4	21.8	24.8	13
14	3.5	11.5	15.9	19.5	20.1	11.3
15	-1.4	12.1	16.1	20.4	17.6	12.2
16	1.9	17.2	17.1	23.2	15	13.1
17	5.1	11.6	17.2	21.2	16.1	13.1
18	4.4	10.8	12.3	19.1	18.6	13
19	5.1	8.9	9.7	19.1	19	12.5
20	9.1	11.5	12.4	20.1	20	12.9
21	6.8	14.8	13.6	21.9	19.1	12.3
22	7.2	8.1	17.5	22.6	17.7	10.8
23	5.8	8.5	15.9	22.8	18.9	10.3
24	7.6	9.3	11	22.3	17.9	10.2
25	6.7	11.1	12.4	23	15.7	9.2
26	7.4	14.8	12.1	19.8	18	10.3
27	8.5	15.3	12.7	16.5	18.4	8.2
28	4.8	18.6	14.7	16.7	18.6	8.6
29	4	19.6	17.5	18.1	12.7	9.4
30	4.6	21.5	17.6	16.8	10.2	5.2
31		12.5		12.6	10.2	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ШУШЕНСКОЕ</b>						
1	+0.7	+2.9	+10.4	+13.4	+9.3	+7.1
2	+4.3	+7.4	+11.1	+15.3	+13.0	+7.8
3	+1.2	+11.0	+7.2	+17.6	+14.1	+8.2
4	+1.3	+12.2	+11.2	+16.5	+18.6	+9.1
5	-6.3	+11.1	+14.7	+16.5	+18.0	+10.5
6	-6.1	+12.0	+16.0	+15.1	+21.7	+12.6
7	-2.9	+7.5	+12.9	+16.8	+19.3	+12.3
8	-4.8	+5.6	+9.2	+17.5	+21.6	+9.9
9	-0.8	+7.8	+11.8	+19.0	+19.4	+12.0
10	+0.5	+14.2	+16.4	+20.8	+19.4	+13.2
11	+1.8	+15.1	+15.4	+22.1	+19.4	+10.9
12	+2.4	+17.0	+13.1	+22.9	+22.1	+12.0
13	+5.4	+13.4	+12.4	+21.9	+23.8	+11.7
14	+1.7	+11.3	+15.6	+19.0	+20.4	+9.9
15	-0.1	+11.1	+15.7	+20.9	+17.0	+12.6
16	+1.1	+14.5	+16.9	+21.1	+13.5	+13.7
17	+3.2	+11.2	+17.2	+20.9	+14.6	+12.7
18	+3.3	+10.2	+12.5	+18.8	+15.9	+12.8
19	+5.4	+8.1	+8.2	+17.1	+19.1	+9.6
20	+7.7	+10.5	+11.2	+18.3	+20.3	+10.9
21	+4.9	+14.6	+13.3	+19.8	+17.3	+11.8
22	+6.5	+8.0	+16.1	+21.5	+16.3	+10.2
23	+5.1	+8.1	+15.4	+20.5	+17.4	+9.8
24	+6.3	+8.1	+9.1	+20.2	+17.1	+9.9
25	+6.3	+9.0	+9.6	+20.0	+15.4	+9.0
26	+9.2	+13.1	+11.0	+17.0	+17.1	+9.4
27	+8.1	+14.7	+9.7	+16.6	+16.2	+7.2
28	+5.4	+18.1	+13.4	+13.9	+17.0	+5.7
29	+3.1	+18.2	+14.8	+16.8	+11.8	+7.5
30	+3.1	+20.1	+15.4	+14.0	+8.0	+4.4
31		+13.1		+11.8	+8.3	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ЕРМАКОВСКОЕ</b>						
1	+1.0	+3.9	+11.4	+14.4	+10.3	+7.5
2	+4.9	+7.7	+12.1	+15.7	+13.2	+8.8
3	+1.2	+11.0	+7.2	+17.6	+14.1	+8.2
4	+1.5	+12.2	+11.2	+16.5	+18.6	+9.1
5	-6.3	+11.8	+14.7	+16.5	+18.0	+10.5
6	-6.1	+12.0	+16.1	+15.2	+21.7	+12.6
7	-2.9	+7.5	+12.9	+16.8	+20.3	+12.3
8	-4.8	+5.6	+9.2	+17.5	+21.6	+10.9
9	-0.8	+7.8	+11.8	+20.0	+19.4	+12.0
10	+0.7	+14.2	+16.9	+20.8	+19.4	+13.2
11	+1.8	+16.1	+15.4	+22.1	+19.4	+10.9
12	+2.9	+17.0	+13.1	+22.9	+22.1	+12.0
13	+5.9	+13.4	+12.4	+21.9	+23.8	+11.7
14	+1.7	+11.6	+15.6	+19.0	+20.4	+9.9
15	-0.2	+11.1	+15.7	+20.9	+17.0	+12.6
16	+1.1	+15.5	+16.9	+21.1	+13.5	+13.7
17	+3.6	+11.2	+17.4	+20.9	+14.6	+12.7
18	+3.6	+10.2	+12.5	+18.8	+15.9	+12.8
19	+5.4	+8.1	+8.7	+17.1	+19.1	+9.6
20	+7.7	+10.7	+11.8	+18.3	+20.3	+10.9
21	+4.9	+14.6	+13.9	+19.8	+17.5	+11.8
22	+6.6	+8.0	+16.1	+21.5	+16.3	+10.2
23	+5.4	+8.1	+15.7	+20.5	+17.4	+9.8
24	+6.6	+8.3	+9.1	+21.2	+17.1	+9.9
25	+6.3	+9.0	+10.6	+21.0	+15.7	+9.1
26	+9.0	+13.3	+11.0	+18.0	+17.1	+9.4
27	+8.2	+14.7	+10.7	+16.6	+16.2	+7.3
28	+5.4	+18.2	+13.4	+14.9	+18.0	+5.7
29	+3.0	+18.7	+15.8	+16.8	+11.8	+7.9
30	+4.1	+20.3	+16.4	+15.0	+9.0	+4.8
31		+13.1		+11.8	+8.5	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>КАРАТУЗСКОЕ</b>						
1	+2.5	+3.0	+18.7	+17.7	+15.3	+10.7
2	+3.3	+3.0	+19.6	+18.4	+16.3	+10.9
3	0.0	+5.9	+17.0	+18.3	+16.0	+10.2
4	+2.7	+8.4	+15.1	+19.1	+15.1	+11.9
5	+1.3	+10.7	+14.4	+19.2	+18.2	+11.7
6	+2.4	+7.0	+13.6	+19.0	+21.0	+12.4
7	-0.3	+8.4	+18.6	+20.3	+23.5	+13.2
8	-1.0	+11.5	+23.7	+22.6	+24.5	+15.1
9	-1.3	+12.1	+20.5	+19.3	+24.3	+15.7
10	+6.2	+12.3	+15.2	+18.5	+20.4	+14.9
11	+1.5	+9.3	+17.0	+18.4	+19.3	+15.6
12	+2.4	+13.4	+16.7	+17.6	+17.7	+16.5
13	+6.0	+10.6	+14.6	+19.4	+17.8	+14.9
14	+11.9	+8.6	+17.4	+18.2	+17.7	+11.1
15	+13.6	+7.9	+20.3	+19.1	+16.9	+10.3
16	+10.0	+11.5	+22.4	+16.4	+16.4	+11.9
17	+10.5	+14.3	+22.5	+17.7	+17.5	+10.8
18	+6.4	+18.3	+19.6	+16.8	+17.0	+9.4
19	+5.9	+19.4	+20.6	+16.3	+19.7	+13.1
20	+5.0	+18.0	+20.7	+17.4	+16.9	+11.1
21	+7.8	+16.0	+22.4	+18.6	+18.1	+9.1
22	+8.4	+13.6	+20.8	+18.3	+16.8	+9.0
23	+4.4	+11.1	+19.7	+17.5	+16.3	+5.3
24	+5.5	+12.6	+20.6	+18.1	+15.9	+4.4
25	+11.9	+15.6	+16.3	+17.2	+13.9	+6.2
26	+8.7	+16.3	+15.9	+13.8	+14.5	+12.0
27	+4.9	+15.5	+16.7	+14.6	+15.5	+3.8
28	+3.0	+16.3	+18.8	+18.0	+15.3	+4.7
29	+11.5	+17.5	+19.3	+19.4	+12.7	+7.4
30	+11.3	+16.4	+14.5	+19.2	+11.9	+6.5
31		+17.9		+17.2	+10.5	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>СВЕТЛОЛОБОВО</b>						
1	-0.4	+4.0	+11.0	+16.5	+11.8	+8.6
2	0.0	+6.7	+8.3	+17.9	+14.6	+7.4
3	-6.2	+8.8	+4.2	+16.5	+16.9	+8.3
4	-8.4	+11.4	+12.2	+15.7	+18.3	+8.6
5	-14.4	+11.4	+16.6	+14.5	+18.3	+8.6
6	-17.0	+9.1	+13.3	+14.2	+18.3	+11.0
7	-10.4	+1.3	+12.6	+15.4	+20.2	+10.1
8	-10.4	+2.1	+6.4	+16.3	+21.3	+10.6
9	-0.6	+1.9	+11.9	+19.7	+18.6	+12.8
10	-3.1	+7.9	+13.9	+20.7	+19.5	+11.9
11	-1.0	+14.8	+13.3	+21.7	+19.9	+10.6
12	+1.1	+15.3	+11.0	+21.7	+20.5	+10.9
13	+6.8	+11.6	+11.7	+20.1	+20.3	+10.4
14	+2.2	+8.5	+16.3	+17.7	+15.6	+10.1
15	-2.5	+10.2	+14.9	+21.9	+15.8	+10.4
16	+1.8	+13.9	+15.7	+21.9	+13.8	+8.0
17	+3.5	+7.3	+14.0	+19.2	+13.8	+12.3
18	+4.9	+5.0	+10.2	+16.5	+14.5	+10.1
19	+2.4	+5.1	+8.9	+17.7	+15.0	+11.5
20	+2.6	+7.7	+10.4	+19.4	+16.2	+12.3
21	+3.0	+10.4	+12.5	+18.9	+15.8	+10.5
22	+4.0	+5.7	+16.7	+18.5	+16.0	+8.0
23	+5.0	+5.8	+12.5	+16.8	+14.1	+8.2
24	+5.5	+6.6	+7.6	+17.3	+13.3	+8.3
25	+5.1	+10.6	+11.8	+17.6	+15.3	+10.3
26	+7.9	+13.6	+12.5	+16.7	+15.6	+8.5
27	+4.0	+16.2	+14.6	+11.8	+15.3	+6.1
28	+2.0	+18.2	+15.7	+14.1	+16.8	+9.1
29	+2.7	+18.9	+15.5	+15.4	+12.0	+6.5
30	+3.0	+17.1	+16.0	+13.4	+8.5	+2.2
31		+9.9		+10.5	+9.0	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ШИРА</b>						
1	+2.7	+3.0	+18.7	+13.4	+12.6	+7.5
2	+4.2	+3.0	+19.6	+15.3	+14.9	+8.8
3	-1	+5.9	+17.0	+17.6	+17.2	+8.2
4	-0.1	+8.4	+15.1	+16.5	+17.5	+9.1
5	-5.7	+10.7	+14.4	+16.5	+18.0	+10.5
6	-5.8	+7.0	+13.6	+15.1	+20.2	+12.6
7	-3.7	+8.4	+18.6	+16.8	+20.8	+12.3
8	-2.3	+11.5	+23.7	+17.5	+21.2	+10.9
9	+0.6	+12.1	+20.5	+19.0	+19.3	+12.0
10	+1.7	+12.3	+15.2	+20.8	+20.3	+13.2
11	+1.9	+9.3	+17.0	+22.1	+19.7	+10.9
12	+3.3	+13.4	+16.7	+22.9	+21.9	+12.0
13	+6.5	+10.6	+14.6	21.8	+23.2	+11.7
14	+4.8	+8.6	+15.7	+21.9	+13.8	+9.9
15	+3.5	+7.9	+14.0	+19.2	+13.8	+12.6
16	+4.9	+11.5	+10.2	+16.5	+14.5	+13.7
17	+2.4	+14.3	+8.9	+17.7	+15.0	+12.7
18	+1.8	+18.3	+15.7	+21.9	+13.8	+12.8
19	+5.1	+19.4	+9.7	+19.1	+19	+9.6
20	+9.1	+18.0	+12.4	+20.1	+20	+10.9
21	+6.8	+16.0	+13.6	+21.9	+19.1	+11.8
22	+7.2	+13.6	+17.5	+22.6	+17.7	+10.2
23	+5.8	+11.1	+15.9	+22.8	+18.9	+9.8
24	+7.6	+12.6	+11	+22.3	+17.9	+9.9
25	+6.7	+15.6	+12.4	+23	+15.7	+9.1
26	+7.4	+16.3	+12.1	+19.8	+18	+9.4
27	+8.5	+15.5	+12.7	+16.5	+18.4	+7.3
28	+4.8	+16.3	+14.7	+16.7	+18.6	+5.7
29	+4	+17.5	+17.5	+18.1	+12.7	+7.9
30	+4.6	+16.4	+17.6	+16.8	+10.2	+4.8
31		+17.9		+12.6	+10.2	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>АСКИЗ</b>						
1	+4.7	+2.7	+19.0	+16.4	+16.3	+8.7
2	+2.6	+1.5	+18.5	+18.4	+17.7	+10.8
3	+0.7	+10.5	+16.3	+17.7	+18.8	+11.5
4	+4.2	+8.6	+12.5	+19.2	+17.0	+11.9
5	+3.6	+8.2	+12.5	+20.8	+19.1	+12.3
6	+1.8	+5.1	+15.9	+21.5	+23.1	+13.3
7	+1.7	+9.1	+19.8	+21.2	+24.6	+13.7
8	-0.8	+13.3	+22.8	+22.3	+23.3	+15.6
9	+0.2	+11.1	+17.5	+20.7	+24.1	+14.8
10	+4.8	+12.3	+17.3	+18.1	+21.0	+16.2
11	+0.8	+8.5	+16.3	+16.6	+17.4	+17.2
12	+2.7	+10.5	+16.4	+16.7	+16.2	+17.0
13	+5.6	+10.2	+14.9	+17.2	+18.9	+14.4
14	+10.0	+7.9	+15.8	+17.2	+18.4	+11.0
15	+14.3	+8.4	+19.8	+18.6	+18.0	+11.7
16	+9.6	+10.7	+23.5	+15.5	+16.4	+12.2
17	+10.1	+16.1	+22.5	+17.7	+17.0	+12.2
18	+8.4	+19.5	+19.4	+17.2	+17.3	+9.9
19	+6.3	+19.8	+19.1	+16.3	+18.9	+11.2
20	+7.6	+18.3	+20.9	+17.7	+17.3	+8.9
21	+9.2	+17.4	+20.8	+19.3	+17.2	+8.9
22	+9.9	+14.7	+20.6	+17.3	+19.6	+8.3
23	+6.6	+12.0	+19.1	+16.3	+16.0	+6.9
24	+11.8	+13.1	+21.6	+16.3	+16.8	+2.5
25	+15.7	+15.2	+16.9	+17.0	+14.6	+4.3
26	+9.1	+17.7	+15.3	+14.6	+14.3	+9.4
27	+6.1	+16.5	+17.0	+17.6	+16.4	+3.5
28	+10.2	+16.1	+19.8	+18.6	+15.0	+4.4
29	+15.2	+17.2	+19.4	+18.3	+13.2	+5.5
30	+9.0	+17.3	+13.8	+17.7	+11.2	+6.5
31		+19.4		+18.6	+11.5	



**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>ТАШТЫП</b>						
1	+2.3	+2.8	+10.8	+13.2	+10.4	+7.0
2	+6.3	+6.0	+10.7	+15.6	+10.2	+6.3
3	+2.9	+8.8	+6.3	+17.7	+13.3	+8.7
4	-0.4	+10.8	+9.7	+18.8	+16.5	+7.5
5	-7.5	+10.8	+13.7	+18.0	+16.7	+9.5
6	-6.7	+10.1	+14.8	+16.0	+20.2	+12.9
7	-4.4	+7.5	+11.4	+16.8	+18.9	+10.8
8	-3.7	+6.0	+9.0	+17.1	+19.6	+11.5
9	+1.1	+8.0	+11.5	+18.9	+17.9	+9.2
10	+1.2	+12.3	+16.5	+18.7	+19.0	+8.6
11	+1.6	+14.8	+15.7	+19.9	+18.9	+10.8
12	+5.3	+17.5	+11.5	+21.7	+20.0	+9.6
13	+6.4	+14.7	+13.8	+21.0	+21.6	+10.4
14	+1.5	+13.0	+16.1	+17.8	+17.9	+8.9
15	-1.2	+12.0	+17.0	+19.5	+17.2	+8.6
16	+1.2	+14.9	+16.2	+21.2	+13.5	+11.1
17	+3.0	+12.6	+17.6	+19.6	+13.7	+11.1
18	+5.4	+11.8	+11.1	+18.6	+14.6	+11.8
19	+5.9	+10.2	+6.8	+17.3	+15.2	+11.5
20	+7.3	+9.0	+10.4	+17.6	+18.7	+10.4
21	+4.3	+8.2	+11.9	+19.3	+16.8	+9.1
22	+5.2	+5.4	+15.6	+19.7	+17.3	+8.3
23	+4.1	+5.4	+15.7	+19.5	+16.5	+9.1
24	+4.8	+5.0	+9.4	+21.0	+16.4	+7.1
25	+6.3	+6.8	+10.1	+20.4	+14.9	+9.1
26	+6.3	+10.0	+9.9	+16.2	+15.2	+6.5
27	+6.0	+10.3	+9.7	+15.9	+16.6	+6.5
28	+3.7	+15.9	+14.4	+14.1	+13.5	+7.0
29	+3.2	+17.4	+15.7	+15.6	+10.6	+7.4
30	+3.4	+18.6	+16.2	+14.1	+6.6	+5.4
31		+13.5		+10.7	+6.8	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>БЕЯ</b>						
1	+3.1	+3.4	+10.7	+15.1	+11.2	+9.0
2	+6.3	+6.2	+10.0	+17.2	+11.0	+7.9
3	+1.1	+9.9	+6.5	+17.9	+14.3	+8.4
4	-0.5	+13.4	+11.4	+17.2	+18.6	+7.4
5	-7.0	+11.7	+14.5	+16.7	+19.3	+10.5
6	-6.1	+10.1	+15.6	+14.9	+20.8	+14.0
7	-4.3	+8.2	+15.1	+15.5	+19.6	+12.8
8	-0.6	+5.5	+8.8	+16.9	+20.9	+9.9
9	+1.2	+8.3	+12.4	+18.9	+19.6	+13.2
10	+1.6	+15.2	+17.0	+19.9	+19.9	+11.1
11	+1.9	+16.7	+20.6	+20.4	+20.8	+10.8
12	+6.5	+18.8	+14.2	+22.5	+21.9	+12.3
13	+8.7	+16.0	+10.0	+20.3	+23.8	+11.8
14	+4.2	+11.5	+15.5	+17.7	+18.2	+10.0
15	-1.1	+11.6	+16.5	+20.0	+16.7	+11.3
16	+1.6	+18.0	+17.3	+21.4	+13.7	+11.6
17	+4.3	+10.9	+18.3	+20.0	+14.4	+12.4
18	+6.4	+11.3	+10.8	+18.0	+14.9	+12.0
19	+7.5	+8.1	+6.8	+17.2	+15.9	+13.1
20	+8.8	+8.9	+10.3	+17.9	+18.2	+11.8
21	+5.3	+11.9	+12.5	+19.8	+17.2	+10.3
22	+8.5	+6.1	+17.1	+22.1	+16.7	+10.1
23	+6.7	+7.4	+14.7	+20.0	+15.9	+9.8
24	+7.3	+7.1	+8.3	+20.5	+18.1	+6.6
25	+7.0	+8.1	+10.8	+20.9	+16.7	+10.0
26	+9.7	+11.8	+11.3	+17.2	+17.4	+8.7
27	+6.3	+12.4	+9.6	+15.5	+16.8	+7.5
28	+4.1	+17.5	+13.3	+14.2	+15.4	+9.8
29	+1.7	+18.5	+16.3	+18.3	+11.9	+9.5
30	+3.8	+19.7	+16.1	+16.0	+7.5	+4.7
31		+11.5		+10.7	+8.3	

**Приложение 7 (продолжение)**

**Средние суточные температуры воздуха (исследуемый год)**

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>САРЫГ-СЕП</b>						
1	+0.9	+2.7	+10.4	+18.3	+12.0	+8.6
2	+3.6	+7.4	+11.6	+19.6	+11.5	+8.3
3	+3.8	+6.8	+7.2	+15.3	+13.7	+7.7
4	+2.4	+10.1	+7.1	+15.0	+15.7	+7.5
5	-1.7	+11.2	+11.9	+14.8	+16.7	+10.7
6	-3.2	+11.0	+14.7	+14.6	+16.8	+10.5
7	-3.0	+6.0	+10.3	+12.5	+18.7	+10.1
8	-4.3	+11.4	+8.0	+17.8	+21.0	+9.2
9	-2.1	+11.5	+8.6	+15.4	+19.9	+10.4
10	+0.5	+9.9	+13.2	+19.0	+16.0	+9.3
11	+3.0	+10.6	+15.7	+20.3	+18.4	+8.0
12	+5.4	+12.0	+17.4	+20.2	+20.8	+10.6
13	+6.1	+11.7	+17.8	+21.6	+21.5	+8.5
14	+3.0	+11.4	+13.5	+20.8	+21.0	+9.9
15	+1.9	+9.7	+12.5	+20.2	+19.0	+10.7
16	+1.7	+12.8	+14.3	+17.7	+16.3	+10.7
17	+3.2	+13.5	+16.9	+19.8	+13.8	+12.0
18	+4.0	+10.2	+19.3	+15.3	+17.9	+11.5
19	+4.3	+11.5	+17.8	+13.9	+17.2	+7.1
20	+7.2	+11.1	+16.0	+16.2	+20.7	+10.6
21	+8.3	+14.8	+15.1	+19.2	+16.0	+9.1
22	+13.1	+10.3	+16.8	+19.9	+15.8	+7.0
23	+5.2	+6.8	+16.1	+20.5	+16.5	+4.8
24	+5.4	+8.7	+12.5	+19.3	+14.5	+6.7
25	+8.6	+6.6	+6.6	+19.8	+14.4	+8.6
26	+12.1	+7.7	+9.0	+21.3	+14.5	+8.6
27	+11.3	+13.4	+11.5	+19.8	+13.3	+6.3
28	+6.3	+15.4	+11.8	+17.0	+15.9	+2.4
29	+3.8	+15.6	+13.6	+17.0	+14.6	+6.1
30	+1.2	+17.6	+13.9	+16.5	+13.6	+5.1
31		+13.3		+12.3	+12.8	

Дата	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)
<b>КЫЗЫЛ</b>						
1	+1.0	+3.7	+11.8	+17.2	+13.3	+9.6
2	+4.5	+6.9	+15.6	+17.5	+15.2	+9.8
3	+4.9	+9.5	+9.8	+16.8	+16.6	+9.9
4	+7.3	+12.9	+9.3	+17.1	+17.0	+12.1
5	-0.7	+14.3	+15.3	+17.1	+18.7	+12.7
6	-0.3	+10.0	+17.9	+17.0	+20.3	+14.2
7	-0.2	+7.6	+16.0	+18.4	+21.6	+12.5
8	-3.0	+10.4	+10.9	+19.4	+23.6	+12.4
9	+0.4	+10.6	+11.6	+18.9	+20.9	+12.2
10	+2.4	+13.9	+15.7	+20.1	+17.9	+10.3
11	+4.9	+11.0	+20.4	+21.4	+20.9	+9.7
12	+7.4	+12.1	+19.0	+22.4	+23.0	+10.3
13	+7.2	+13.8	+16.0	+23.8	+24.1	+9.4
14	+7.5	+12.4	+16.0	+23.4	+23.0	+11.8
15	+2.6	+11.4	+16.2	+21.6	+20.3	+14.0
16	+4.8	+15.2	+16.3	+22.1	+18.2	+13.5
17	+6.0	+13.5	+18.6	+22.0	+17.5	+13.8
18	+7.2	+14.2	+19.4	+18.5	+20.6	+12.8
19	+6.8	+12.6	+18.9	+16.7	+21.2	+10.2
20	+10.8	+14.3	+15.8	+18.0	+22.0	+11.0
21	+9.8	+16.7	+15.7	+20.6	+21.3	+10.4
22	+14.0	+9.6	+18.7	+22.6	+17.6	+7.1
23	+6.9	+8.1	+18.7	+22.9	+18.1	+8.1
24	+7.7	+8.0	+12.5	+23.1	+17.1	+9.2
25	+10.5	+6.8	+9.6	+23.3	+15.5	+10.2
26	+11.4	+10.3	+11.8	+21.8	+16.0	+9.2
27	+12.5	+13.4	+12.0	+20.0	+17.0	+7.4
28	+8.3	+16.0	+14.0	+19.8	+17.3	+3.5
29	+4.4	+17.7	+15.3	+20.3	+18.2	+5.8
30	+3.4	+20.6	+15.9	+16.2	+14.6	+6.5
31		+15.4		+13.7	+13.7	

## Приложение 8

### Средние многолетние количество осадков в населенных пунктах (станциях) Красноярского края, Тывы и Хакасии (норма)

№	Название станции	Январь (1)	Февраль (2)	Март (3)	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)	Октябрь (10)	Ноябрь (11)	Декабрь (12)
1	Енисейск	27,1	19,4	18,7	30,2	42,9	52,6	61,1	60,4	51,9	45,9	42,5	36,6
2	Пировское	23,0	16,0	16,0	24,0	46,0	58,0	64,0	66,0	51,0	43,0	39,0	29,0
3	Тюхтет	21,0	16,0	17,0	26,0	45,0	61,0	74,0	73,0	50,0	44,0	41,0	27,0
4	Боготол	18,4	14,0	15,0	27,0	50,0	64,0	68,0	75,0	50,0	46,0	35,0	24,0
5	Ачинск	28,0	24,0	30,0	43,0	57,0	68,0	62,0	75,0	66,0	59,0	52,0	44,0
6	Сухобузимское	14,0	11,0	9,0	17,0	36,0	48,0	68,0	62,0	43,0	26,0	21,0	18,0
7	Солянка	13,0	11,0	11,0	21,0	41,0	50,0	71,0	62,0	46,0	30,0	21,0	18,0
8	Канск	14,0	12,0	10,0	17,0	31,0	44,0	65,0	57,0	39,0	26,0	25,0	19,0
9	Уяр	13,0	13,0	20,0	36,0	45,0	49,0	50,0	52,0	38,0	35,0	27,0	23,0
10	Красноярск	21,0	19,0	24,0	37,0	53,0	61,0	64,0	74,0	60,0	47,0	40,0	33,0
11	Назарово	20,0	17,0	16,0	24,0	45,0	63,0	70,0	65,0	40,0	34,0	30,0	28,0
12	Курагино	21,0	16,0	21,0	38,0	57,0	70,0	96,0	86,0	59,0	47,0	38,0	30,0
13	Ирбейское	15,0	13,0	12,0	21,0	44,0	53,0	76,0	70,0	48,0	30,0	26,0	23,0
14	Балахта	20,0	17,0	13,0	23,0	39,0	66,0	73,0	71,0	47,0	32,0	28,0	27,0
15	Ужур	14,0	10,0	11,0	22,0	39,0	64,0	77,0	66,0	39,0	22,0	21,0	18,0
16	Агинское	12,0	14,0	13,0	22,0	46,0	65,0	82,0	78,0	52,0	28,0	22,0	18,0
17	Дзержинское	20,0	18,0	21,0	31,0	46,0	52,0	56,0	56,0	50,0	40,0	38,0	30,0
18	Краснотуранск	14,0	12,0	14,0	25,0	38,0	44,0	50,0	67,0	53,0	37,0	30,0	22,0
19	Абан	17,0	13,0	10,0	18,0	33,0	42,0	64,0	67,0	44,0	29,0	26,0	21,0
20	Минусинск	15,0	14,0	17,0	31,0	48,0	57,0	66,0	77,0	58,0	39,0	30,0	23,0
21	Шушенское	19,0	16,0	22,0	41,0	60,0	68,0	74,0	82,0	65,0	47,0	36,0	28,0
22	Ермаковское	24,0	19,0	27,0	46,0	66,0	73,0	82,0	89,0	74,0	55,0	45,0	35,0
23	Каратузское	20,0	17,0	22,0	36,0	54,0	74,0	92,0	82,0	54,0	49,0	35,0	33,0
24	Светлолобово	12,0	10,0	8,0	18,0	33,0	61,0	73,0	60,0	38,0	19,0	17,0	15,0
25	Шира	6,0	5,0	6,0	18,0	31,0	55,0	80,0	60,0	33,0	14,0	11,0	8,0
26	Аскиз	13,0	9,0	11,0	30,0	67,0	59,0	70,0	68,0	56,0	39,0	11,0	11,0
27	Таштып	10,0	9,0	9,0	28,0	58,0	73,0	86,0	71,0	45,0	36,0	23,0	13,0
28	Бея	9,0	9,0	11,0	22,0	48,0	64,0	83,0	66,0	46,0	27,0	16,0	11,0
29	Сарыг-Сеп	10,0	6,0	5,0	14,0	26,0	53,0	73,0	65,0	37,0	15,0	13,0	13,0
30	Кызыл	9,0	5,0	4,0	8,0	13,0	33,0	56,0	48,0	27,0	8,0	12,0	13,0

Приложение 9

Сумма осадков за декаду в населенных пунктах (станциях) Красноярского края,  
Тывы и Хакасии (исследуемый год)

№	Название станции	Январь (1)			Февраль (2)			Март (3)			Апрель (4)			Май (5)			Июнь (6)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Енисейск	6	14	6	6	5	2	2	4	1	5	13	16	3	9	13	55	20	37
2	Пировское	7	16	5	8	5	3	3	8	1	5	8	22	3	16	13	33	24	15
3	Тюхтет	15	16	4	13	7	2	5	7	1	14	12	19	7	23	27	32	14	22
4	Боготол	15	12	2	11	6	2	6	8	1	16	10	21	9	19	26	41	14	15
5	Ачинск	11	7	1	8	4	1	10	6	2	15	5	16	10	13	25	21	18	11
6	Сухобузимское	11	3	0	6	1	2	4	5	1	7	2	14	6	15	12	16	11	25
7	Солянка	11	5	1	14	3	2	3	8	2	11	2	23	7	25	22	15	13	13
8	Канск	9	2	2	11	1	2	1	4	0	4	1	11	5	13	19	11	14	14
9	Уяр	17	7	1	10	3	3	5	10	2	14	3	11	13	21	19	12	16	12
10	Красноярск	14	6	1	11	11	1	6	7	2	12	1	19	9	21	23	11	31	43
11	Назарово	14	6	1	14	5	1	8	8	1	20	3	15	9	20	16	30	27	13
12	Курагино	15	5	0	4	2	2	7	6	2	6	2	9	10	24	32	9	22	16
13	Ирбейское	10	9	1	6	1	2	4	7	2	8	3	17	10	32	26	16	29	8
14	Балахта	15	4	1	6	1	3	7	9	1	14	1	9	7	21	23	12	30	10
15	Ужур	8	0	7	4	1	0	10	3	1	12	0	4	8	10	17	8	34	4
16	Агинское	17	6	3	5	0	2	5	5	0	9	3	14	23	39	27	9	51	27
17	Дзержинское	5	2	1	7	1	3	1	7	1	3	1	4	2	12	16	9	6	35
18	Краснотуранск	8	4	0	0	3	1	4	4	1	14	0	6	11	13	16	6	23	7
19	Абан	6	6	1	8	2	1	1	5	4	3	1	7	1	16	13	13	6	37
20	Минусинск	8	4	0	0	4	1	4	5	1	10	0	5	17	19	12	6	50	7
21	Шушенское	15	8	0	0	3	2	3	5	0	7	1	13	27	41	14	8	64	9
22	Ермаковское	26	10	1	1	4	10	4	13	0	18	1	17	37	40	22	8	56	8
23	Каратузское	20	10	1	5	4	6	7	9	2	9	3	18	32	15	21	3	49	21
24	Светлолобово	14	1	1	5	0	0	8	2	1	7	1	6	3	6	38	8	39	5
25	Шира	4	1	1	0	1	1	2	1	1	6	0	2	6	7	13	1	29	2
26	Аскиз	3	1	1	1	1	0	1	2	0	2	0	2	10	25	11	5	39	21
27	Таштып	15	4	2	4	3	1	2	2	0	10	0	13	17	34	17	9	46	15
28	Бея	8	3	3	0	2	1	2	6	0	8	0	17	13	31	24	6	42	36
29	Сарыг-Сеп	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	13	5	4	12	15	3	9
30	Кызыл	11	3	2	1	2	4	1	0	0	3	0	5	5	13	35	1	10	5

**Приложение 9 (продолжение)**

**Сумма осадков за декаду в населенных пунктах (станциях) Красноярского края и Хакасии (исследуемый год)**

№	Название станции	Июль (7)			Август (8)			Сентябрь (9)			Октябрь (10)			Ноябрь (11)			Декабрь (12)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Енисейск	15	5	40	24	1	17	4	35	14	6	19	23	27	15	11	6	8	18
2	Пировское	4	18	72	39	0	23	22	52	28	4	20	26	29	16	11	8	5	22
3	Тюхтет	5	3	93	39	5	15	13	34	33	17	16	28	19	22	4	8	10	39
4	Боготол	9	2	56	19	1	10	15	35	32	26	18	29	16	14	4	11	10	43
5	Ачинск	9	10	65	23	1	19	14	24	24	16	18	25	10	6	4	7	9	38
6	Сухобузимское	7	1	23	16	0	13	22	33	20	10	6	17	12	6	4	4	2	31
7	Солянка	39	1	43	25	16	11	22	54	23	17	12	29	15	10	8	8	2	34
8	Канск	31	10	40	44	6	13	9	33	19	16	6	17	12	6	5	2	2	26
9	Уяр	32	10	44	40	33	6	12	63	27	21	13	23	12	8	4	5	5	49
10	Красноярск	9	30	39	38	2	11	6	55	23	21	11	32	14	8	5	9	1	37
11	Назарово	8	22	84	25	3	36	11	32	18	25	25	26	14	12	6	9	10	49
12	Курагино	38	2	29	87	16	16	21	54	28	21	6	17	7	4	3	3	3	43
13	Ирбейское	67	8	21	50	24	6	19	50	22	17	9	20	12	4	3	3	6	42
14	Балахта	40	48	23	20	0	15	5	24	15	25	9	14	8	5	4	3	7	42
15	Ужур	54	31	86	17	1	19	7	33	6	70	2	13	4	4	2	1	9	18
16	Агинское	61	18	28	97	16	5	2	102	16	39	8	13	3	4	3	1	2	30
17	Дзержинское	17	2	72	20	0	6	10	24	16	10	9	15	22	9	10	4	2	20
18	Краснотуранск	30	1	31	8	16	8	15	13	9	13	2	4	1	6	2	0	8	5
19	Абан	24	2	50	26	2	3	9	28	19	11	10	17	22	9	11	6	4	22
20	Минусинск	38	19	5	32	4	22	3	16	15	30	3	11	5	8	2	1	9	2
21	Шушенское	21	57	20	2	13	9	4	22	14	77	4	20	3	7	2	3	10	11
22	Ермаковское	44	11	8	6	16	15	5	28	33	77	7	18	6	7	2	5	11	31
23	Каратузское	39	20	10	15	11	29	7	21	19	37	6	8	7	10	2	6	12	20
24	Светлолобово	30	40	64	21	0	19	6	31	6	45	5	10	8	3	1	1	4	15
25	Шира	32	25	11	10	2	15	9	25	6	47	2	9	1	1	1	0	3	1
26	Аскиз	19	17	7	8	27	15	1	22	1	16	0	2	7	13	2	0	1	0
27	Таштып	21	10	21	14	17	15	5	35	16	40	2	2	18	18	3	9	5	10
28	Бея	36	14	16	5	19	7	3	20	4	47	4	14	5	7	2	1	4	4
29	Сарыг-Сеп	5	36	13	4	4	11	11	26	17	13	0	2	6	10	4	0	10	1
30	Кызыл	28	21	25	9	9	22	6	24	6	23	0	1	3	5	2	7	12	8

## Приложение 10

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

t, °C	Десятые доли градусов									
	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	5,0
-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
1	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5
2	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,9	6,9	7,0	7,0
3	7,0	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,5	7,5
4	7,6	7,6	7,7	7,7	7,8	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1
5	8,1	8,2	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7
6	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0	9,0	9,1	9,2	9,2	9,3
7	9,4	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	10,0
8	10,0	10,1	10,2	10,2	10,3	10,4	10,4	10,5	10,6	10,6
9	10,7	10,8	10,9	11,0	11,0	11,1	11,2	11,2	11,3	11,4
10	11,5	11,6	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,0	12,1	12,2
11	12,3	12,4	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0	13,0
12	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,8	13,8	13,9
13	14,0	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9
14	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9
15	16,0	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	17,0
16	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	18,0	18,1
17	18,2	18,3	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,3
18	19,4	19,5	19,6	19,8	19,9	20,0	20,1	20,3	20,4	20,5
19	20,6	20,8	20,9	21,0	21,2	21,3	21,4	21,6	21,7	21,8
20	22,0	22,1	22,3	22,4	22,5	22,7	22,8	23,0	23,1	23,2
21	23,4	23,5	23,7	23,8	24,0	24,1	24,3	24,4	24,6	24,7
22	24,9	25,0	25,2	25,4	25,5	25,7	25,8	26,0	26,1	26,3
23	26,5	26,6	26,8	26,9	27,1	27,3	27,4	27,6	27,8	27,9
24	28,0	28,3	28,5	28,6	28,8	29,0	29,2	29,3	29,5	29,7
25	29,9	30,0	30,2	30,4	30,6	30,8	31,0	31,1	31,3	31,5
26	31,7	31,9	32,1	32,3	32,5	32,7	32,9	33,0	33,2	33,4
27	33,6	33,8	34,0	34,2	34,4	34,6	34,9	35,1	35,3	35,5
28	35,7	35,9	36,1	36,3	36,5	36,8	37,0	37,2	37,4	37,6
29	37,8	38,1	38,3	38,5	38,7	39,0	39,2	39,4	39,6	39,9
30	40,1	40,3	40,6	40,8	41,0	41,3	41,5	41,8	42,0	42,2
31	42,5	42,7	43,0	43,2	43,5	43,7	44,0	44,2	44,5	44,7

**Приложение 11**

**Оценка условия работы для комбайнов в зависимости  
от дефицита насыщения водяного пара**

Дефицит насыщения водяного пара, гПа	Условия работы комбайнов
$d > 8$	Хорошие
$3 < d < 8$	Удовлетворительные
$d < 3$	Плохие

**Приложение 12**

**Психрометрическая таблица**

Показания сухого тер- мометра °С	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11	–	–	–	–	–
2	100	84	68	51	35	20	–	–	–	–	–
4	100	85	70	56	42	28	14	–	–	–	–
6	100	86	73	60	47	35	23	10	–	–	–
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	–	–
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	–
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	–
14	100	90	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	91	81	71	62	54	46	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	92	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	93	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

# ПРАКТИКУМ ПО АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

*Учебное пособие*

*Белоусов Александр Анатольевич*

Редактор Т.М. Мастрич

*Электронное издание*

Подписано в свет 09.04.2024. Регистрационный номер 102  
Редакционно-издательская служба Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
e-mail: rio@kgau.ru