Владимирский государственный университет

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Учебно-практическое пособие

Владимир 2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Учебно-практическое пособие

Электронное издание

Допущено Федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 35.00.00 «Сельское, лесное и рыбное хозяйство» в качестве учебно-практического пособия для студентов, обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям бакалавриата 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 35.03.04 «Агрономия», 35.03.05 «Садоводство», 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

Владимир 2026
ISBN 978-5-9984-1346-9
© Рагимов А. О., Шентерова Е. М.,
Мазиров М. А., Чебаненко С. И., 2026

УДК 631.4
ББК 40.3
Авторы-составители: А. О. Рагимов (гл. 9 – 12; практические работы 1 – 7); Е. М. Шентерова (введение; гл. 1 – 8; практические работы 8 – 13; вопросы для итогового контроля; примерные темы рефератов; контрольный тест; задачи по агроклиматологии; заключение; атлас основных метеорологических приборов и инструментов; глоссарий); М. А. Мазиров (практическая работа № 14); С. И. Чебаненко (практическая работа № 15)

Рецензенты:
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
профессор кафедры земледелия и методики опытного дела
Российского государственного аграрного университета – МСХА
имени К. А. Тимирязева
О. А. Савоськина

Кандидат биологических наук, доцент
доцент кафедры биологии и экологии
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых
Н. В. Чугай

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Методы и средства метеорологических наблюдений во Владимирской области [Электронный ресурс] : учеб.-практ. пособие / авт.-сост.: А. О. Рагимов [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2026. – 504 с. – ISBN 978-5-9984-1346-9. – Электрон. дан. (17,2 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены опасные для сельского и лесного хозяйства явления природы и меры по предотвращению их пагубного воздействия, а также агрометеорологические условия и их влияние на продуктивность сельскохозяйственного производства.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 06.03.02 «Почвоведение». Может быть полезно студентам, обучающимся по направлениям подготовки 35.03.04 «Агрономия», 35.03.05 «Садоводство», 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 162. Табл. 46. Библиогр.: 70 назв.

ISBN 978-5-9984-1346-9

© Рагимов А. О., Шентерова Е. М.,
Мазиров М. А., Чебаненко С. И., 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 10

Глава 1. ПРЕДМЕТ МЕТЕОРОЛОГИИ 12
1.1. Предмет и структура метеорологии 12
1.2. Понятия «погода» и «климат» 15
1.3. Влияние погоды и климата на деятельность человека 15
Темы докладов и сообщений 16
Контрольные вопросы 17

Глава 2. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ 18
Темы докладов и сообщений 25
Контрольные вопросы 25

Глава 3. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И СФЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЩЕСТВА С ПРИРОДОЙ 26
3.1. Геосферы и географическая среда 26
3.2. Биосфера и ноосфера 29
3.3. Градосфера, городская среда и инженерная экология 34
Темы докладов и сообщений 40
Контрольные вопросы 41

Глава 4. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 42
4.1. История климатологии как науки 42
4.2. Общие понятия о климате и климатообразующих факторах 47
Темы докладов и сообщений 50
Контрольные вопросы 50

Глава 5. СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ 52
Темы докладов и сообщений 60
Контрольные вопросы 61

Глава 6. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И ПРОМЕРЗАНИЕ ПОЧВОГРУНТОВ 63
6.1. Температура воздуха 63
6.2. Промерзание почвогрунтов 66
6.3. Влажность воздуха и осадки 68
Темы докладов и сообщений 80
Контрольные вопросы 80

Глава 7. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ. ОБЛАЧНОСТЬ 82
7.1. Атмосферное давление 82
7.2. Ветровой режим 83
7.3. Облачность 90
Темы докладов и сообщений 92
Контрольные вопросы 93

Глава 8. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ 95
8.1. Общие и комплексные показатели для зонирования и климатического районирования 95
8.2. Физико-географическое районирование территории 99
8.3. Дорожно-климатическое районирование 101
8.4. Климатическое районирование для строительства 104
8.5. Районирование территории по эффективным температурам 108
8.6. Районирование территории по световому и ультрафиолетовому климату 112
8.7. Районирование территории по ветровому режиму 122
8.8. Распределение радиационного тепла по территории 124
8.9. Климатическое районирование территории для рекреационных целей 128
8.10. Климатическое районирование Севера 133
Темы докладов и сообщений 137
Контрольные вопросы 137

Глава 9. КЛИМАТОЛОГИЯ ГОРОДА 140
9.1. Особенности климата крупных городов 140
9.2. Ландшафтное зонирование и климатическое районирование территорий крупных городов 145
9.3. Уравнение теплового баланса человека для оценки и прогнозирования микроклимата на жилых территориях 149
9.4. Погодные условия и биоклиматические критерии степени комфортности городской среды 154
9.5. Строительно-климатический паспорт города 158
9.6. Инсоляция жилой застройки 167
9.7. Методы расчета инсоляции в жилой застройке 168
9.8. Моделирование на ЭВМ инсоляционного режима жилых территорий 184
9.9. Энергетическая оценка условий инсоляции на жилых территориях 188
Темы докладов и сообщений 196
Контрольные вопросы 197

Глава 10. АЭРАЦИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ 199
10.1. Задачи аэрации городских территорий 199
10.2. Процесс обтекания поверхностей и закономерности движения воздушных потоков на городской территории 200
10.3. Трансформация воздушного потока под воздействием рельефа местности 202
10.4. Трансформация воздушного потока в городе 208
10.5. Трансформация воздушного потока на селитебных территориях 209
10.6. Трансформация воздушного потока в зависимости от элементов благоустройства 214
10.7. Расчет и регулирование аэрационного режима на селитебных территориях 216
Темы докладов и сообщений 221
Контрольные вопросы 221

Глава 11. ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ПРИНЦИП ИХ РАБОТЫ 223
11.1. Методы и средства измерения температуры 223
11.2. Приборы для измерения влажности воздуха 245
11.3. Измерение атмосферного давления 257
11.4. Приборы для измерения скорости и направления ветра 267
11.5. Приборы для измерения осадков 276
11.6. Наблюдения за снежным покровом 284
11.7. Измерение прямой солнечной радиации 289
11.8. Оценка составляющих радиационного баланса 291
Темы докладов и сообщений 301
Контрольные вопросы 302

Глава 12. ОРГАНИЗАЦИЯ И РАБОТА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОСТОВ 304

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ 311
Практическая работа № 1. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА 311
Контрольные вопросы 315
Ситуационные задачи 315
Задачи для самостоятельной работы 318

Практическая работа № 2. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ 321
Контрольные вопросы 327
Ситуационные задачи 328
Задачи для самостоятельной работы 331

Практическая работа № 3. ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА 334
Контрольные вопросы 340
Ситуационные задачи 340
Задачи для самостоятельной работы 343

Практическая работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ВЕТРА 347
Контрольные вопросы 354
Ситуационные задачи 355
Задачи для самостоятельной работы 357

Практическая работа № 5. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРА РУЧНЫМ АНЕМОМЕТРОМ 360
Ситуационные задачи 364
Задачи для самостоятельной работы 366

Практическая работа № 6. ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ 368
Ситуационные задачи 373
Задачи для самостоятельной работы 375

Практическая работа № 7. ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ. БАРОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ 377
Контрольные вопросы 380
Ситуационные задачи 380
Задачи для самостоятельной работы 382

Практическая работа № 8. ИЗМЕРЕНИЕ ОСАДКОВ 384
Ситуационные задачи 389
Задачи для самостоятельной работы 391

Практическая работа № 9. ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СНЕГА И ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ 393
Контрольные вопросы 397
Ситуационные задачи 397
Задачи для самостоятельной работы 400

Практическая работа № 10. ИЗМЕРЕНИЕ СУММАРНОЙ И ОТРАЖЕННОЙ РАДИАЦИИ. ВЫЧИСЛЕНИЕ АЛЬБЕДО ПОВЕРХНОСТИ 402
Контрольные вопросы 407
Ситуационные задачи 407
Задачи для самостоятельной работы 409

Практическая работа № 11. ИЗМЕРЕНИЕ РАССЕЯННОЙ И СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ 411
Контрольные вопросы 416
Ситуационные задачи 416
Задачи для самостоятельной работы 418

Практическая работа № 12. ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗАМОРОЗКОВ 420
Контрольные вопросы 425
Ситуационные задачи 425
Задачи для самостоятельной работы 427

Практическая работа № 13. ПРОГНОЗ СРОКОВ ЦВЕТЕНИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР 429
Контрольные вопросы 432
Ситуационные задачи 433
Задачи для самостоятельной работы 435

Практическая работа № 14. ПРОГНОЗ СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ВОСКОВОЙ СПЕЛОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР 438
Контрольные вопросы 441
Ситуационные задачи 442
Задачи для самостоятельной работы 444

Практическая работа № 15. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТА ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА 446
Контрольные вопросы 451
Ситуационные задачи 452
Задачи для самостоятельной работы 454

ВОПРОСЫ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ..... 456

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ..... 460

КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ 463

ЗАДАЧИ ПО АГРОКЛИМАТОЛОГИИ..... 472

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 480

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 481

АТЛАС ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И ИНСТРУМЕНТОВ..... 486

ГЛОССАРИЙ 497

ВВЕДЕНИЕ

Метеорологические наблюдения являются важнейшей составляющей современной науки о Земле, предоставляя фундаментальные данные для понимания климатических процессов, прогнозирования погодных условий и обеспечения устойчивого развития различных отраслей народного хозяйства.

Особое значение метеорологические исследования приобретают в контексте сельского и лесного хозяйства, где успех производственной деятельности напрямую зависит от климатических факторов, водного и теплового режимов почв, а также от своевременного прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений.

В условиях глобальных климатических изменений и возрастающей антропогенной нагрузки на окружающую среду роль точных и систематических метеорологических наблюдений становится ещё более актуальной, определяя необходимость совершенствования методов и средств их проведения.

Учебное пособие представляет собой комплексное издание, ориентированное на студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки в области сельского, лесного и рыбного хозяйства.

Пособие разработано в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования и направлено на формирование профессиональных компетенций, необходимых для эффективной работы в агропромышленном секторе. В нём рассматриваются как теоретические основы метеорологии и климатологии, так и практические аспекты организации и проведения наблюдений, использования современных приборов и технологий сбора данных.

Метеорологические наблюдения подразумевают систематический сбор, измерение и регистрацию данных о состоянии атмосферы у земной поверхности и в свободной атмосфере. Они являются фунда-

ментом всей метеорологической науки и практики, обеспечивая информационную основу для анализа текущей погоды, составления прогнозов, изучения климата и его изменений, а также безопасности авиации, мореплавания, сельского хозяйства и многих других отраслей человеческой деятельности.

Исторически методы наблюдений эволюционировали от простейших визуальных оценок и измерений с помощью примитивных приборов (термометров, барометров, флюгеров) до сложнейших автоматизированных и дистанционных комплексов.

Современная метеорология опирается на глобальную наблюдательную сеть, объединяющую данные с тысяч наземных метеостанций, океанических буев, кораблей, радиозондов, метеорологических радиолокаторов, лидаров и спутников. Такой комплексный подход позволяет получать трёхмерную картину атмосферных процессов в режиме, близком к реальному времени.

Актуальность совершенствования методов и средств метеорологических наблюдений сегодня исключительно высока в свете глобальных вызовов, связанных с изменением климата, участившимися опасными погодными явлениями и растущими требованиями к точности и заблаговременности прогнозов. Внедрение автоматизации, развитие спутниковых технологий и суперкомпьютерное моделирование создают парадигму «цифровой метеорологии», где качество и плотность наблюдательных данных – ключевой ограничивающий фактор.

Таким образом, изучение современных методов и средств метеорологических наблюдений позволяет понять, как формируется эмпирическая база данных о погоде и климате, каковы возможности и ограничения различных технологий и в каком направлении будет развиваться метеорологическое приборостроение и наблюдательные системы в будущем.

Глава 1. ПРЕДМЕТ МЕТЕОРОЛОГИИ

1.1. Предмет и структура метеорологии

Земля представляет собой центральное ядро, окруженное тремя оболочками:

- твердой - литосферой,
- жидкой (водяной) - гидросферой
- газообразной (воздушной) - атмосферой.

Эти три оболочки земного ш ара являются предметом изучения нескольких наук:

- литосферу изучает - геология,
- гидросферу - гидрология
- атмосферу - Метеорология.

Предметом изучения метеорологии являются, конечно, и вопросы химии атмосферы, т. е. вопросы о составе атмосферы и протекающих в ней химических и физико-химических явлениях.

Но первенствующее место занимает в метеорологии изучение физических свойств газовой оболочки земного шара и происходящих в ней физических явлений, так что метеорология может быть по праву отнесена

К области физических наук и названа физикой атмосферы. Соответственно этому метеорология и вошла сейчас, в качестве одного из отделов, в науку геофизику, применяющую физические методы исследования к изучению трех оболочек земного шара [29].

Метеорологических элементов и явлений на земном шаре.

Метеорологи я может быть отнесена к обширной науке - физической географии

Физические характеристики газовой оболочки земного шара - атмосферы и физические явления в ней происходящие, называют метеорологическими элементами.

Главнейшими из них являются следующие:

1. Все те процессы, которыми осуществляется приход и расход энергии из атмосферы, а именно:

а) инсоляция, как называют процесс получения энергии

солнца атмосферой и - через нее - поверхностью земного ш ара;

б) приток энергии в атмосферу путем излучения и теплопроводности о т подстилающей ее снизу поверхности земного шара;

в) отдача энергии атмосферой, как в межпланетное пространство путем излучения, так и земной поверхности путем излучения и теплопроводности.

2. Температура воздуха.

3. Давление воздуха. Температурой и давлением определяется плотность и упругость атмосферных газов.

4. Влажность воздуха и гидрометеоры, как называют

явления, связанные с присутствием в воздухе воды в жидком и твердом состоянии- туманы, облака и осадки.

5. Процессы, осуществляющие перенос воздушных масс из одних районов атмосферы в другие как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, а именно:

а) адвективные, т. е., в основном, горизонтальные потоки воздуха, воспринимаемые нами как ветер;

б) конвекционные токи, вызываемые в атмосфере, главным образом, нагреванием ее снизу, от подстилающей поверхности;

в) вертикальные перемещения целых потоков воздуха, обусловливаемые различием плотности воздуха над различными районами земного шара и, наконец,

г) турбулентное перемешивание, возникающее в потоках воздуха под влиянием трения их о подстилающую поверхность и внутреннего трения (вязкости) самого воздуха и выражающееся в большей или меньшей степени порывистости ветра.

Как известно из обыденной жизни, все перечисленные метеорологические элементы претерпевают более или менее значительные и более или менее резкие изменения как во времени, так и от места к месту, т. е. в пространстве.

Температура воздуха в, одном каком-либо пункте, будь то у поверхности земного шара или вдали от нее, в свободной атмосфере, характеризует собой тепловое или, как обычно говорят, термическое состояние атмосферы только в одном этом пункте [2].

Картину распределения тепла во всей атмосфере (или в части ее) называют ее термическим полем. Аналогично этому говорят о барическом поле (поле давления), об электрическом поле атмосферы, о поле ветра и т.п.

Атмосфера представляет собой единое целое. Однако в атмосфере можно выделить несколько горизонтальных слоев, отличающихся друг от друга как по физическим характеристикам и составу образующих их газов, так и по характеру происходящих в них физических процессов.

Нижний из этих слоев, высотой 7- 18 км, называют тропосферой, а слой, лежащий над ней - стратосферой; стратосфера простирается до высоты около 70 км над уровнем моря.

В соответствии с известными из курса географии существенными её различиями в условиях инсоляции и в характере подстилающей поверхности в экваториальной, тропических, умеренных и полярных областях земного шара, которые обусловливают существенно различный физический облик находящегося над ними воздуха и существенные различия происходящих в нем процессов, - тропосферу можно поделить но широтам на несколько зон.

Данные различия настолько велики несмотря на то, что состав воздуха по всей тропосфере одинаков, что следовало бы говорить о нескольких «воздухах», а именно об экваториальном, тропическом, полярном (как называют воздух, получивший свой физический облик в умеренных широтах) и арктическом.

Однако, выражение «воздухи», в отличие от аналогичного выражения «воды», непривычно для нашего слуха и поэтому не применяется, а обычно заменяется выражением «Массы воздуха».

Всестороннее изучение физического облика масс воздуха, происходящих в них процессов и управляющих ими законов, причин, условий и результатов их перемещения и перерождения, наряду с всесторонним изучением полей метеорологических элементов как в отдельности, так и в их многообразной и сложной взаимозависимости - является одной из главнейших задач метеорологии [22].

В настоящее время массы воздуха все чаще и чаще являются «единицами», которыми оперирует Метеорология при изучении атмосферы, ее жизни и управляющих ею законов.

1.2. Понятия «погода» и «климат»

Совокупность физических характеристик тех масс воздуха, которые в данный момент расположены или протекают над данным пунктом и тех метеорологических процессов и явлений, которые над ним происходят - называют «погодой».

В строгом смысле термин «погода» имеет в виду состояние атмосферы над данным пунктом п в данный момент. Но можно говорить о «погоде» в данном небольшом районе и за данный небольшой промежуток времени, как например, о погоде данного часа, данных суток и даже о погоде данного сезона и года.

Климат данного пункта или района есть совокупность типичных для него атмосферных процессов и, как результат этого, совокупность типичных для него метеорологических характеристики явлений в их в взаимозависимости типичной последовательности [44].

Понятие «климат» обнимает длительный ряд лет, и климат даже одного пункта - в отличие от погоды - может быть выявлен только путем соответствующей обработки результатов метеорологических наблюдений в этом пункте, например, путем осреднения их за достаточно длительный ряд лет, а не путем непосредственного наблюдения.

Исходя из этого. Международная Климатологическая Комиссия в августе 1935 г. в качестве рабочего определения понятия «климат» на ближайшие годы, впредь до выявления необходимости заменить его другим, приняла следующее:

«Климатом условимся считать совокупность средних за месяц и за год значений метеорологических элементов, полученных по данным за тридцатилетний период …..»

Тот отдел метеорологии, который занимается изучением погод, называется погодоведением, а отдел ее, который занимается изучением климатов - Климатологией.

1.3. Влияние погоды и климата на деятельность человека

Не только сам человек, но все отрасли его деятельности всегда находились, и находятся еще и сейчас, в большей или меньшей зависимости от погоды и климата.

В настоящее время из всех многообразных разновидностей человеческой деятельности в наиболее непосредственной зависимости от

погоды находятся все виды сельского хозяйства и транспорт, и прежде всего - воздухоплавание, авиация и мореплавание.

Значение условий погоды для этих сфер человеческой деятельности почти одинаково велико, но определяется оно, соответственно специфическим особенностям их работы, различными элементами погоды. Если для сельского хозяйства первенствующее значение имеют температура воздуха и осадки, то для воздухоплавания, авиации и мореплавания - ветер и все те метеорологические явления, которые определяют собой дальность видимости.

Значение ветра для мореплавания и гидроавиации усугубляется еще тем, что в непосредственной зависимости от него находится и состояние поверхности моря.

Зависимость мореплавания от условий погоды хорошо известна каждому моряку и не требует особых иллюстраций. Чтобы убедиться, что от нее не избавлены даже самые большие и мощные из современных судов, в том числе и военные, несмотря на все достижения техники кораблестроения и кораблевождения последнего времени, достаточно указать, что в конце 1929 г. в северной части Атлантического океана, во время жестокого шторма, длившегося с небольшими перерывами около месяца и временами достигавшего силы урагана, погибло и было выброшено на берег несколько десятков больших судов, аварию же потерпело около 600 судов; а в Бискайском заливе у одного линкора ударами волн было надломлено несколько шпангоутов и часть носовой наделки отломлена по кницы, кроме того, под весом проникшей на палубу воды прогнулось несколько пиллерсов.

Темы докладов и сообщений

1. «Атмосфера как объект изучения: структура и основные оболочки Земли»
2. Сравнение литосферы, гидросферы и атмосферы.
3. Роль метеорологии в системе наук о Земле.
4. «Метеорологические элементы: что формирует погоду и климат?»
5. Подробный разбор основных элементов (температура, давление, влажность, ветер) и их взаимосвязь.
6. «Погода и климат: в чем принципиальная разница?»

7. Анализ определений, методов изучения и практической значимости каждого понятия.

Контрольные вопросы

1. Что является предметом изучения метеорологии?
2. Частью какой науки является метеорология?
3. Что называют метеорологическими элементами?
4. Каковы главнейшие метеорологические элементы?
5. На какие основные части расчленяют атмосферу?
6. Что понимают под массой воздуха?
7. Что называют погодой?
8. Что называют климатом?
9. Каково принятое сейчас рабочее определение понятия «климат»?
10. Что называют климатологией?
11. Что называют погодоведением?
12. Где можно найти климатические данные для соответствующих навигационных районов?
13. Каковы задачи метеорологии вообще?
14. Каковы задачи климатологии?
15. Каковы задачи погодоведения?
16. Приведите примеры, иллюстрирующие значение метеорологических явлений в морском и военно-морском деле?

Глава 2. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Из всего сказанного о значении погоды и климата в деятельности и жизни человека становится очевидным, какие большие, многообразные и ответственные задачи стоят сейчас перед метеорологией вообще и метеорологией - в особенности.

Задачи метеорологии можно свести к следующей общей формуле: обслужить все отрасли народного хозяйства, обороны и культурно-общественной жизни, деятельность которых так или иначе связана с метеорологическими условиями, с целью дать им возможность максимально использовать благоприятные метеорологические условия

И свести до возможного минимума влияние неблагоприятных, а тем более, конечно, бедственных метеорологических условий, т. е, другими словами, обеспечить им возможность планировать работу (в самом широком смысле этого выражения) сообразно метеорологическим условиям [51].

Климатическим условиям или ожидаемой погоде, необходимо сначала изучить влияние метеорологических условий на соответствующие жизненные и технические процессы, для чего необходимы данные о метеорологических условиях, фактически наблюдавшихся в соответствующем районе или пункте за период развития этих процессов.

Для самого же планирования необходимо иметь данные о характере метеорологических условий, ожидаемых в течение того промежутка времени, на который то или другое мероприятие планируются, или так называемый прогноз метеорологических условий на этот промежуток времени.

Если для многих из хозяйственных, оборонных и культурно общественных операций достаточно иметь прогнозы погоды на ближайшие сутки, т. е. так называемые краткосрочные прогнозы погоды, а для полетов на небольшие расстояния - даже всего на несколько часов вперед, то для целого ряда операций необходимы прогнозы погоды на несколько дней и даже на месяц и целый сезон вперед.

Практическое значение данных климатологии для планирования хозяйства и обороны обусловлено тем, что эти данные, в конечном счете, представляют собой прогнозы метеорологических условий на еще более долгие сроки вперед.

Для авиации, вследствие больших ее скоростей, подробная информация о погоде на трассе полета в данный момент, поступающая через небольшие промежутки времени, например, через каждый часдва, в известной степени почти равноценна прогнозу погоды.

В той же мере, в какой различаются между собой понятия о погоде и климате, различаются между собой и задачи, стоящие перед обоими большими разделами метеорологии.

Климатология призвана обслуживать планирование, главным образом, тех длительных операций, которые можно уподобить войне и длительным стратегическим операциям; задача же погодоведения - обслуживание тех отдельных хозяйственных операций, которые можно уподобить отдельным тактическим боевым действиям.

Вопросы государственного планирования сельского хозяйства и животноводства, важнейшие вопросы продвижения сельскохозяйственных культур в новые районы, вопросы размещения и строительства фабрично-заводских центров, гидротехнических сооружений, новых городов, агрогородов и курортов, домов и парков отдыха и даже отдельных зданий, изыскание новых авиалиний, железных и автогужевых, и в частности - ледяных дорог, планирование научных экспедиций, физкультурных походов и пр.- в условиях хозяйства решаются при тщательном всестороннем учете климатических условий соответствующих районов.

Дача же прогнозов погоды для планирования и проведения отдельных агротехнических операций (вспашка, сев, сенокос и пр.), полетов, плаваний, спортивных состязаний и экскурсий и пр. (вплоть до решения таких вопросов, как например, счищать или не счищать выпавший на катке снег), наряду с информацией о наблюдаемой и истекшей погоде - первенствующая практическая задача погодоведения.

Агрометеорология, или сельскохозяйственная метеорология, - наука, изучающая метеорологические, климатические, гидрологические условия в их взаимодействии с объектами и процессами сельскохозяйственного производства. Иначе говоря, агрометеорология изучает климат и погоду применительно к запросамсельского хозяйства.

Особенность агрометеорологии как науки заключается в том,что она находится на стыке различных областей знаний: метеорологии, климатологии, биологии, почвоведения и др.

Объектами изучения агрометеорологии являются погода, климат, водный и тепловой режимы почв, сельскохозяйственные культуры и животные, процессы сельскохозяйственного производства.

Важнейшие задачи агрометеорологии:

- изучение и описание закономерностей формирования метеорологических и климатических условий сельскохозяйственного производства в пространстве и во времени;
- разработка методов количественной оценки влияния метеорологических факторов на состояние почвы, развитие, рост и формирование урожая агрофитоценозов, на состояние сельскохозяйственных животных, развитие и распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур;
- разработка методов агрометеорологических прогнозов и усовершенствование форм агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства;
- агроклиматическое районирование новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур и пород животных, агроклиматическое обоснование агротехнических приемов для наиболее полного и рационального использования ресурсов климата;
- агроклиматическое обоснование приемов мелиорации земель и изменения микроклимата полей, внедрения индустриальных технологий в растениеводстве, в том числе дифференцированного применения агротехники в соответствии со сложившимися и ожидаемыми условиями погоды;
- разработка методов борьбы с неблагоприятными и опасными для сельского хозяйства гидрометеорологическими явлениями.

В сельском хозяйстве используют разнообразную гидрометеорологическую информацию:

- при выборе проектных решений;
- при выработке плановых решений и принятии оперативно-хозяйственных решений.
- при выборе проектных решений обосновывают рациональное размещение и специализацию сельского хозяйства, районирование культур и сортов сельскохозяйственных растений и пород животных, создание гидромелиоративных систем и т. д. при этом используют климатическую и агроклиматическую информацию.

• при выработке плановых решений планируют размеры урожаев, определяют потребности в удобрениях и ядохимикатах, объемы поливной воды, составляют графики полевых работ и т. д.

Здесь в первую очередь используется текущая оперативная агрометеорологическая и гидрологическая информация, анализируются сложившиеся агрометеорологические условия применительно к конкретным полям и культурам, а также гидрометеорологические прогнозы различной заблаговременности [5].

При принятии оперативно-хозяйственных решений разрабатываются действия непосредственного управления технологическими процессами в период вегетации растений и мероприятиями, осуществляемыми на животноводческих фермах и выпасах.

Для этого используют оперативную информацию о фактическом состоянии погоды, почвы, посевов и гидрометеорологические прогнозы.

Методы агрометеорологических исследований

В агрометеорологии применяют следующие общие метеорологические методы исследований:

• метод наблюдений заключается в том, что с помощью приборов на станциях, постах, в экспедициях наблюдают за метеорологическими характеристиками среды;

• метод эксперимента сводится к постановке опытов в природных или лабораторных условиях по искусственному воспроизведению того явления (процесса), который представляет интерес для сельскохозяйственного производства;

• метод теоретического анализа основан на изучении агрометеорологических явлений (процессов) с использованием законов физики, биологии, термодинамики и других наук и с привлечением математического аппарата для получения выявленных теоретическим путем закономерностей в количественной форме.

При решении ряда агрометеорологических проблем указанные общие методы получили дальнейшее развитие.

Метод сопряженных (параллельных) наблюдений за состоянием, ростом, развитием растений й метеорологическими условиями, в которых произрастают объекты наблюдений.

С помощью этого метода на материалах полевых и лабораторных наблюдений устанавливают количественные и качественные связи

между условиями погоды и ростом, развитием и формированием продуктивности растений, выявляют их потребность в основных факторах среды - количестве света, тепла, влаги, питательных веществ, определяют пороговые (критические) значения этих факторов для различных культур и сортов.

Метод учащенных сроков сева предполагает высев растений через каждые, например, 5-10 дней, начиная с весны и до конца вегетационного периода.

При этом растения попадают в неодинаковые условия тепла, влаги и освещенности. Сопряженные наблюдения за метеорологическими условиями, ростом и развитием растений позволяют собрать разнообразные сведения о реакции растений на изменяющиеся условия их произрастания [57].

В результате опыта даже в течение одного года можно получить информацию о влиянии разных комплексов метеорологических параметров на исследуемое растение в данной местности. Этот метод применяется на делянках одного поля или в лабораторных условиях.

Метод географических посевов применяют в различных почвенно-климатических зонах страны или одновременно в нескольких странах. Этот метод позволяет решать ту же задачу, что и метод учащенных сроков сева, так как посевы данного сорта в разных климатических зонах находятся в различных условиях увлажнения, температуры, длины дня и т. д. Этот метод позволяет определить районы, где данный сорт культуры дает высокие и качественные урожаи.

Экспериментально-полевой метод, при котором в полевых опытах с помощью специальных конструкций (камер искусственного климата, теплиц, газометрических экологических камер и др.) и приемов изменяются агрометеорологические условия возделывания растений (регулируются по программе опыта температура и влажность почвы, продолжительность и интенсивность освещения, высота снежного покрова, нормы вносимых удобрений и т. п.).

Метод дистанционного (неконтактного) определения параметров состояния подстилающей поверхности (почвы, растительного покрова), фенологии растений, температуры и влажности, объемов биомассы, отдельных элементов продуктивности растений и т. д. предусматривает использование специальной аппаратуры, установленной на

летательных аппаратах (на самолетах, вертолетах, а также на искусственных спутниках Земли) или на различных видах наземного транспорта.

Результаты измерений, полученные этим методом, дают информацию об изучаемых объектах на больших площадях.

В последние годы создана сеть аэрофотометрических экспедиций, обследующих состояние посевов и определяющих урожайность естественных пастбищ на больших площадях с помощью дистанционного метода.

Картографический метод исследования заключается в использовании разнообразных карт для выявления климатических и микроклиматических особенностей территории в их статике и динамике для наиболее рационального размещения объектов сельскохозяйственного производства [38].

Метод математической статистики позволяет обрабатывать массовые материалы наблюдений для установления связи развития и формирования продуктивности растений с условиями погоды.

Метод математического моделирования заключается в построении математической модели, позволяющей с помощью математического аппарата описывать влияние агрометеорологических условий на рост и развитие растений, их продуктивность, а также процессы тепло-, влаго- и энергообмена в системе почва - растение - атмосфера.

Использование биологических законов земледелия и растениеводства в агрометеорологии Методы агрометеорологических исследований базируются на использовании основных биологических законов земледелия и растениеводства.

Важнейшие из них следующие.

Закон неравноценности факторов среды для растений. Сущность его заключается в том, что не все факторы среды оказывают одинаковое воздействие на растения. Их можно разделить на основные и второстепенные. Основные факторы (свет, тепло, воздух, влага, почва) одинаково необходимы растениям; они оказывают непосредственное и значительное влияние на них.

К второстепенным факторам относят ветер, облачность, туман, ориентацию и крутизну склонов и пр. Они усиливают или ослабляют действие основных факторов. Так, ветер смягчает действие заморозков, облачность уменьшает ночью охлаждение почвы.

Основные факторы влияют на растения в течение всего периода вегетации и на всей территории их произрастания, второстепенные - лишь в отдельные периоды и на небольших территориях.

Закон равнозначности (или незаменимости) основных факторов жизни. Он гласит: «Все факторы значимы и незаменимы».

Сущность его состоит в том, что ни один из необходимых для развития растений факторов не может быть ни исключен, ни заменен другим. Так, свет нельзя заменить теплом, тепло – влагой и т. д. Все они необходимы растениям. Отсутствие любого из них резко снижает продуктивность и даже приводит к гибели растений.

Закон минимума (или лимитирующего фактора), согласно которому при оптимальных прочих условиях урожайность определяется фактором, находящимся в минимуме. Например, в засушливых районах количество влаги служит лимитирующим фактором урожая. Урожай растений будет возрастать при устранении этого минимума и до тех пор, пока в недостатке не окажется другой фактор.

Закон оптимума (или совокупного действия), согласно которому наивысшая продуктивность растений обеспечивается только оптимальным сочетанием всех факторов, влияющих на рост и развитие растений.

К. А. Тимирязев и Д. Н. Прянишников неоднократно подчеркивали, что наивысшей продуктивности растение достигает при непрерывном притоке всех необходимых факторов жизни в оптимальном количестве и в соответствии с потребностями каждого вида и сорта.

Даже при незначительном отклонении условий среды от оптимальных в тот или иной период роста растений потенциально возможная биологическая продуктивность не достигается, а при аномальных условиях погоды и недостатке питания растений отдельные элементы продуктивности (побеги, колоски в колосе, цветки, зерновки) погибают и урожайность падает особенно сильно.

Закон критических периодов сводится к тому, что в жизни каждого растения имеются отдельные периоды, когда оно наиболее чувствительно к какому-либо фактору среды (температуре, влаге, солнечной радиации и пр.) [50].

Закон фотопериодической реакции (или физиологических часов) гласит, что растения реагируют на продолжительность дня и ночи, ускоряя или замедляя развитие при изменении длины дня.

Закон плодосмена заключается в чередовании культур в пространстве и во времени (севооборот), что позволяет при прочих равных условиях получать более высокие урожаи, чем при повторных посевах одной и той же культуры на одном месте (монокультура).

Темы докладов и сообщений

1. Агрометеорология на стыке наук: как погода управляет урожаем?
2. Роль метеорологии, биологии и почвоведения в сельском хозяйстве.
3. Примеры влияния погодных условий на растения.
4. Методы агрометеорологических исследований: от поля до спутника
5. Сравнение полевых (параллельные наблюдения, учащенные сроки сева) и дистанционных методов. Их преимущества и недостатки.
6. Биологические законы в агрометеорологии: закон минимума, оптимума и критических периодов
7. Объяснение ключевых законов на практических примерах выращивания сельхозкультур.

Контрольные вопросы

1. Что изучает агроклиматология
2. Основные законы земледелия и агрометеорология
3. Перечислите основные методы агрометеорологии
4. В чем заключается принципиальное различие в задачах двух её основных разделов - климатологии и погодоведения
5. Какой из специальных методов позволяет быстро (в течение одного сезона) изучить реакцию растения на изменяющиеся погодные условия в одной местности?

Глава 3. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И СФЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЩЕСТВА С ПРИРОДОЙ

3.1. Геосферы и географическая среда

Концентрические оболочки (слои) различной плотности и состава, из которых состоит земной шар, называются геосферами Земли.

В направлении от космоса к центру Земли располагаются: атмосфера, гидросфера и литосфера – земная кора. Под земной корой располагаются: промежуточная оболочка мощностью около 2900 км и наиболее плотное ядро Земли (баросфера) с радиусом около 2500 км.

Три верхних слоя земного окружения - гидросфера, литосфера и атмосфера - объединенно называются географической или ландшафтной оболочкой Земли - эпигеосферой, в составе которой выделяется биосфера – область распространения и жизнедеятельности организмов.

Верхнюю границу эпигеосферы определяют в пределах теплового воздействия земной поверхности на атмосферные процессы до высоты 25 - 30 км. Нижнюю границу географической оболочки определяют обычно по уровню подошвы земной коры, опускаясь в океан на 10 - 11 км ниже поверхности Земли [9].

Наибольшая толщина геосферы, таким образом, находится в пределах 40 км. От других оболочек Земли географическая оболочка качественно отличается тем, что она формируется под действием как земных, так й космических процессов; богата разными видами свободной энергии; вещество в ней присутствует во всех агрегатных состояниях; степень агрегатности веществ весьма разнообразна - от свободных элементарных частиц (атомов, ионов, молекул) до химических соединений и сложнейших биологических тел; концентрирует тепло, притекающее от Солнца; включает в себя человеческое общество.

Характерными признаками географической оболочки являются:

- Целостность и взаимосвязанность в непрерывном обмене веществ и энергии между составными частями оболочки как единой материальной системы, в которой изменение даже одного звена влечет сопряженное изменение всех остальных;

- Круговорот вещества, обеспечивающий жизненные процессы на земле: циркуляция атмосферы, влагооборот, биологический круговорот;
- Повторяемость (ритмика) во времени различных процессов, обусловленная главным образом астрономическими и геологическими причинами.

В ритмике выделяются:

- Суточная смена дня и ночи; годовая смена времени года;
- Внутривековая - климатические и гидрологические изменения в цикле 25 - 50 лет;
- Сверхвековая - вековые изменения в климате, например, смена фаз прохладно влажного, сухого климата, наблюдаемая через каждые 1800 - 1900 лет;
- Геологическая - циклы каледонский, герцинский, альпийский по 200 - 240 млн. лет каждый.

Круговороты, ритмы и циклы не являются замкнутыми, что свидетельствует о непрерывном развитии самой системы не по кругу, а по восходящей спирали; непрерывность развития географической оболочки как некоторой целостной системы происходит под влиянием экзогенных и эндогенных процессов.

Как следствие поступательного развития эпигеосферы по четырем перечисленным признакам на земном шаре произошли: территориальное распределение поверхностей Земли на участки суши, океанов и морского дна, различающиеся по внутренним особенностям и внешнему облику (ландшафты, геокомплексы); полярная асимметрия существенные различия в климате и других природных явлениях в Северном и Южном полушариях. Более подробно географическая оболочка Земли изучается в физической географии [24].

Часть земного природного окружения в пределах эпигеосферы, с которой общество в данный момент взаимодействует и в той или иной степени видоизменяет его, называют географической средой. Географическую среду определяют четыре основных признака:

1. Земное окружение общества, свойственное только данной планете;
2. Природное окружение человеческого общества - комплекс природных условий, возникающих и продолжающих саморазвиваться независимо от человека;

3. Сфера непосредственного взаимодействия природы и общества;

4. По мере развития общества географическая среда расширяется по объему и содержанию, вовлекая в эксплуатацию все новые земные пространства, новые стороны и составные части природы.

Следовательно, географическая среда, будучи в прошлом более ограниченной в своем развитии, со временем расширяется, не выходя, однако, за пределы географической оболочки.

Основными составными элементами, формирующими географическую среду, являются атмосфера, биосфера, гидросфера, литосфера.

Атмосфера, сформировавшаяся в результате естественного исторического развития Земли, в своем составе содержит газы (по объему в %): азот - 78, кислород - 21, инертные газы - 0,94, углекислый газ - 0,03, прочие газы и примеси - 0,03.

Биосфера охватывает часть атмосферы и гидросферы, в пределах которых осуществляются сложные биохимические процессы по трансформации солнечной энергии растениями и синтезу биогенных веществ на Земле.

Гидросфера, прерывистая водная оболочка Земли, расположенная между атмосферой и твердой земной поверхностью, представляет собой совокупность океанов, морей, поверхностных вод суши (рек, озер), льда и снежного покрова, включая подземные и почвенные воды (табл.1).

Таблица 1

Баланс вод

Виды вод	Название	Объем, млн км^3	Относительное количество, %
Морские	Морская	1370	94
Подземные	Грунтовая	61,4	4
Лед, снег (Арктика, Антарктика, Гренландия, горные ледники)	Лед	24	2
Поверхностные (воды суши)	Пресная	0,5	0,4
Атмосферные	Атмосферная	0,015	0,01
Воды, содержащиеся в живых организмах	Биологическая	0,00005	0,0003

3.2. Биосфера и ноосфера

Понятие о биосфере ввел в 1875 г. австралийский ученый Э. Зюсс. Общее учение о биосфере создано в 20 - 30-х годах нашим соотечественником академиком В.И. Вернадским [42].

Положив в основу идеи В. В. Докучаева о комплексном естественно-историческом анализе взаимодействующих в природе разнокачественных объектов, формирующих почвы, природные зоны и ландшафты, В.И. Вернадский развил их и дополнил представлениями:

1. О планетарной геохимической роли живого вещества как мощного геологического фактора в формировании и развитии биосферы.

2. Об организованности биосферы, являющейся продуктом сложного превращения вещественно-энергетических и информационных потоков живым веществом за время геологической истории Земли.

По Вернадскому, живое вещество состоит из геологически взаимосвязанных и взаимодействующих частей: живое вещество – биогенное вещество – костное вещество - биокостное вещество - рассеянные атомы - вещество космического происхождения.

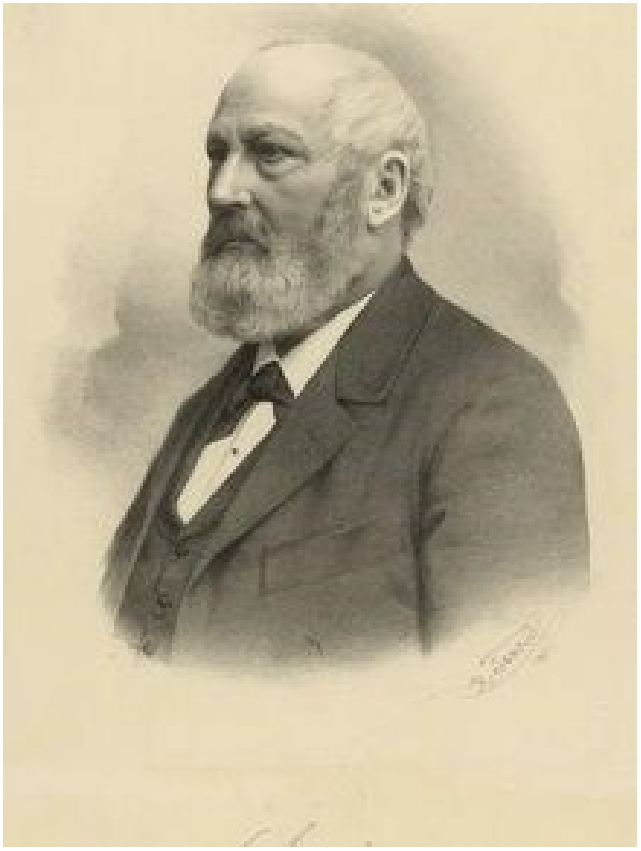


Рис. 1. Эдуард Зюсс (нем. Eduard Suess) – австрийский геолог и общественный деятель

Человеческая деятельность по освоению, переработке природных ресурсов и «покорению» природы с помощью современной техники постепенно приводит к образованию особой техногенной среды, существенным образом отличающейся от природной первозданной биосферы. Это техносфера или ноосфера, главным признаком которой является наличие в окружающей среде элементов, созданных из природных веществ сознательной деятельностью человека, но лишенных дальнейшего самостоятельного развития и не имеющих аналогов в действенной природе.

Ноосфера (дословно — «сфера разума») — гипотетическая сфера взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития.

Понятие ноосферы как облекающей земной шар идеальной, «мыслящей» оболочки, формирование которой связано с возникновением человеческого сознания, ввели в начале XX в. П. Тейяр де Шарден и Э. Леруа. В.И. Вернадский, внеся в термин материалистическое содержание, создал стройную теорию формирования ноосферы. По учению Вернадского:

- ноосфера - новая высшая стадия биосферы, связанная с возникновением и развитием в ней человечества;
- познавая законы природы и совершенствуя технику, человечество становится крупнейшей преобразующей силой, сопоставимой с геологическими процессами прошлого;
- становление и развитие человечества как новей преобразующей природу силы выражается в возникновении новых форм обмена веществ и энергии между обществом и природой во все возрастающем биохимическом и ином воздействии человека на биосферу;
- зародившись на планете, ноосфера имеет тенденцию к постоянному расширению, постепенно превращаясь в особый структурный элемент космоса, выделяемый по социальному охвату природы;
- понятием ноосферы подчеркивается необходимость разумной организации взаимодействия общества и природы в противоположность стихийному, хищническому отношению к ней, приводящему к ухудшению окружающей среды;

• характер отношения общества к природе определяется не только научно-техническим уровнем, но и социальным строем, предопределяющим условия для разумного использования и превращения знаний и опыта, накопленных человечеством, в материальную силу, рационально преобразующую природную среду.

Уместно в этой связи напомнить, что одним из главных агентов, поставляющих в окружающую среду элементы, не свойственные природе и не способные к дальнейшему саморазвитию, является энергетика - топливная и атомная.

Так, по данным ЮНЕСКО, в настоящее время из недр Земли изымается и расходуется по всем видам энергетики около 10 млрд т условного топлива, или более 2 т в среднем на каждого жителя планеты [13].

В результате сжигания указанного количества топлива из атмосферы Земли изымается около 50 млрд человеческих порций кислорода, необходимых для дыхания, и выбрасывается в атмосферу наряду с другими продуктами сгорания около 30 млрд т углекислого газа.

Около 2/3 указанного количества газа усваивается растениями в результате биосинтеза, 1/3 - остается в избытке, пополняя запасы углекислого газа и атмосфере.

В связи с тем, что на рубеже 2000 г. добычу и снижение топлива предполагается довести в среднем до 4 т на человека, а численность населения Земли составит около 6 - 6,5 млрд человек, общий расход топлива может быть доведен до 25 - 30 млрд т в год. Это будет означать, что из атмосферы будет изъято 125 - 150 млрд человеческих порций кислорода и выброшено в окружающую атмосферу до 60 - 70 млрд т углекислого газа.

Что может произойти с планетой и, в частности, с ее приземной оболочкой в результате дальнейшего интенсивного развития промышленной энергетики, для ученых пока остается загадкой.

Некоторые из них полагают, что в результате накопления в атмосфере углекислого газа и закрытия им небосвода от Солнца может наступить «парниковый эффект», льды и снежный покров на северном и южном полюсах и на горных ледниках растают, уровень воды в морях и океанах и впадающих в них реках резко поднимется, а обширные прибрежные территории будут затоплены [1].

Другие ученые полагают, что из-за закрытия горизонта облаками аэрозольных и газовых отходов промышленности и энергетики, в том

числе облаками углекислого газа, радиационное тепло от Солнца не будет поступать в достаточном количестве на Землю, температура у ее поверхности снизится, и она, замерзнув, покроется льдом, вечной мерзлотой.

Для наступления той или иной критической ситуации, по мнению ученых, достаточно изменения среднегодовой температуры в приземной атмосфере в ту или иную сторону всего лишь на 3-4°С.

Наконец, третья группа ученых, наиболее многочисленная и оптимистически настроенная, полагает, что негативных явлений и «катастрофической» ситуации в будущей атмосфере можно избежать. Для этого необходимо выполнить два основных условия:

1. Во всех отраслях хозяйственной деятельности общества, в первую очередь в энергетике, организовать безотходное или по замкнутому циклу технологическое производство.

2. Определить, разработать и неукоснительно осуществлять систему природоохранных мероприятий, обеспечивающих не только рациональное использование невосполнимых минеральных природных ресурсов (угля, газа, нефти), но и приумножение биологически восполняемых в круговороте ресурсов - воды, кислорода, биомассы. Среди других мероприятий, направленных на рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды, следует выделить два направления. Это, во-первых, организация цехов на всех энергоемких предприятиях по выращиванию хлореллы.

Обладая уникальной способностью быстрого накопления биомассы, хлорелла при этом:

- интенсивно поглощает углекислый газ из атмосферы;
- выделяет свободный кислород, обогащая им окружающую среду;
- очищает воздух и технологическую воду от отходов, осваивая их и перерабатывая в клетчатку.

Выращенная в больших массах, хлорелла может широко использоваться для корма домашних животных.

Другое направление – атомная энергетика.

Следует, однако, оговориться, что если с первым направлением на сегодня картина более или менее ясна, требуются лишь усилия по его практическому внедрению, то с атомной энергетикой ученым необ-

ходимо еще немало поработать, чтобы обезопасить человечество от катастроф, подобных тем, которые произошли на действующих АЭС, в том числе в нашей стране [33].

В свою очередь научно-технический прогресс, принеся блага в удовлетворении возрастающих потребностей человечества, сопровождается во многом негативными явлениями. Так, промышленное производство, энергетика и автотранспорт сегодня потребляют кислород из воздуха в объемах, значительно превосходящих потенциальные возможности лесных угодий и растительности по его воспроизводству в процессе биосинтеза.

Промышленные комплексы, в особенности металлургические предприятия, выбрасывая аэрозоли и газовые отходы, распространяют их вследствие атмосферной циркуляции на сотни и тысячи километров в округе.

Вследствие этого снежный покров оказывается покрытым черной пылью, меняя отражательную способность поверхности (альбедо), загрязняя почву, пагубно отражаясь на растительном покрове, обедняя ландшафт территорий.

Реки, вобрав в себя промышленные стоки, постепенно превращаются в сточные каналы, а их загрязненные воды угрожают превратить моря в безжизненные водоемы.

Из всего сказанного можно заключить, что если не глобально, по всей планете, то локально, в пределах регионов, отдельных стран и континентов:

- природа уже не справляется с теми объемами загрязнений, которые извергаются человеком в окружающую среду;
- естественное равновесие в круговороте и обмене веществ уже нарушено, техногенный напор на окружающую среду оказался настолько велик, что возникает сомнение: сохранится ли способность в природе к самовосстановлению, не пойдет ли она в своем дальнейшем развитии по природным ресурсам вместо восходящей спирали по нисходящей, по пути деградации [21].

Застройка, промышленные предприятия, энергетика и транспорт города территориально и пространственно формируют свою особую среду, градосферу, в которой наличествуют вещества, не свойственные самой природе.

3.3. Градосфера, городская среда и инженерная экология

Пространство над городом в виде ореала, окружающего его территорию, можно назвать градосферой.

Градосфера - это приземная часть атмосферы, внутри которой ощутимо влияние города на климатические и санитарно-гигиенические условия окружающей среды.

Компонентами влияния на градосферу могут быть:

- тепловые противоизлучения земной поверхности вместе с излучателями от тепловых и энергетических установок, образующих тепловой колпак над городом;
- газы, аэрозоли и другие вещества - отходы технологических производств, образующие туман и смоги над городом;
- ветровой режим, меняющийся в зависимости от ландшафтных условий местности, характера и этажности застройки, планировочной структуры города.

Область распространения и границы ощутимого влияния перечисленных компонентов на окружающую город среду - градосферу будут зависеть от территориальных размеров города, характера и интенсивности производственно-технологических процессов [49].

С некоторой долей условности, приемлемой для практических целей, границы градосферы можно принять по высоте до 5 км над поверхностью, территориально - в границах города, включая пригородные лесопарковые зоны (рис.2).

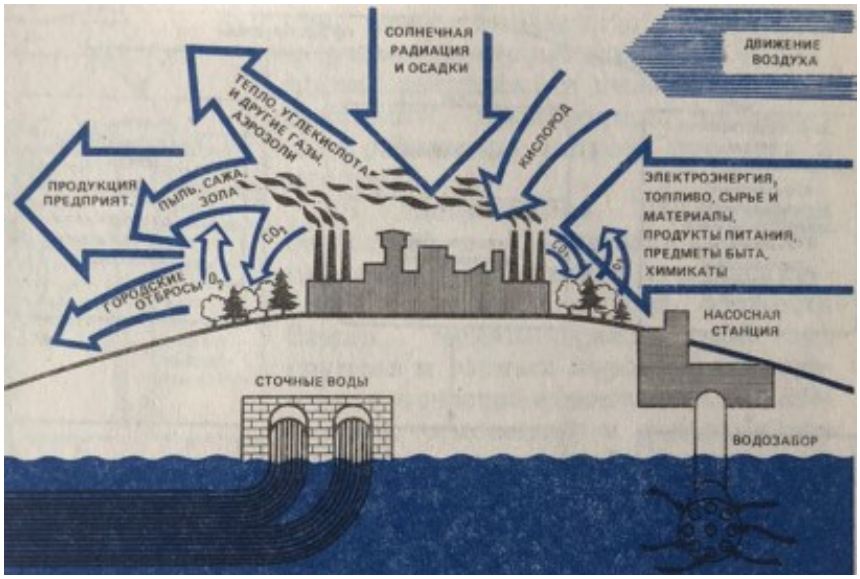


Рис. 2. Схема социального обмена веществ (СОВ) в градосфере (по Лаптеву)

Городская среда - это приземная часть градосферы, территория и пространства, в пределах которых размещаются жилые, производственные, научно-просветительные и оздоровительные комплексы, образуя среду того же назначения (рис.3).

<table>
<tr><th colspan="4">ГРАДОСФЕРА
ГОРОДСКАЯ СРЕДА</th></tr>
<tr><th>Производственная среда</th><th>Жилая среда</th><th>Научно-просветительская среда</th><th>Рекреационная среда</th></tr>
<tr><td>Промышленные, складские, производственные и транспортные комплексы и объединения</td><td>Жилые районы и микрорайоны</td><td>ВУЗы, ПТУ, техникумы, НИИ, учреждения культуры</td><td>ПКиО, сады, скверы, спортсооружения, профилактории, больничные комплексы</td></tr>
<tr><td>Здания и сооружения промышленного, складского, производственного и транспортного назначения</td><td>Жилая и КБ застройка, элементы благоустройства</td><td>Общественные центры обслуживания населения</td><td>Оздоровительные комплексы различного назначения, зеленые насаждения элементы благоустройства</td></tr>
<tr><td colspan="2">Окружающая природная среда</td><td colspan="2">Подземное пространство</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ландшафт, климат, гидрологические условия</td><td colspan="2">Гидрогеологические условия, подземное градостроительство</td></tr>
</table>

Рис. 3. Блок-схема пространственной организации городской среды

К экологическим особенностям городской среды в отличие от загородной или сельской относятся:

- повышенный забор и расход кислорода из воздуха и воды из источников на отопление, производственно-технологические и хозяйственные нужды, соответственно интенсивный выброс в окружающую среду (атмосферу, почву и водоемы) отработанных газов, аэрозолей и веществ, затрудняющих и нарушающих естественный процесс в круговороте и самовосстановлении природных ресурсов;

• шумы, вибрации и инфрачастотные колебания от работающих механических средств и городского транспорта, вызывающие нервно-психические расстройства и сердечно-сосудистые заболевания у людей;

• электрических полей и электромагнитных излучений от электро-, радио- и телеустановок, вызывающих различные болезненные явления в организме человека.

Во взаимодействии перечисленных технических факторов с градостроительными и общеклиматическими факторами окружающей природной среды в городской среде формируются особые биоклиматические условия, знание и учет которых необходимы при разработке генеральных планов города [27].

Под жилой средой в составе городской подразумеваются пространство и территория в границах красных линий магистральных улиц (рис.4).

<table>
<tr><td colspan="4">ЖИЛОЙ РАЙОН
ЖИЛАЯ СРЕДА</td></tr>
<tr><td>Жилая и культурно-бытовая застройка жилого района
Школы
Детские учреждения, предприятия повседневного КБО</td><td>Улично-дорожная сеть:
Жилые улицы, подъезды, пешеходные переходы</td><td>Санитарно-техническое оборудование
Водопровод, канализация, тепло, газ, электросети</td><td>Элементы благоустройства и оздоровления среды
Озеленение, санитарное и акустическое благоустройство территории</td></tr>
<tr><td colspan="4">Территория, надземное и подземное пространство, мезоклимат</td></tr>
<tr><td colspan="2">Геоподоснова
Рельеф, почвогрунт, геология, климат</td><td colspan="2">Микроклимат</td></tr>
</table>

Рис. 4. Блок-схема жилой среды

Это - жилой район или магистральная территория, в пределах которой размещаются жилые улицы и микрорайоны, дома и здания культурно бытового назначения повседневного и праздничного пользования, элементы внешнего благоустройства и хозяйственно-бытовой организации микрорайонов.

Экологическая или биоклиматическая ситуация в жилой среде складывается во взаимодействии фоновых показателей городской среды с застройкой и элементами благоустройства.

Прогноз и формирование благоприятных биоклиматических условий средствами планировки, застройки и благоустройства - одна из важных задач проекта детальной планировки (ПДП) жилого района.

Изучением вопросов техногенного воздействия человека на окружающую среду и разработкой практических мероприятий по ее охране и рациональному использованию природных ресурсов на современном этапе научно-технического прогресса должна заниматься биологическая отрасль знаний - экология [20].

Термин "экология» впервые был предложен в 1866 г. немецким зоологом Э. Геккелем и означает «общую науку об отношениях организмов к окружающей среде, куда относятся в широком смысле все «условия существования»».

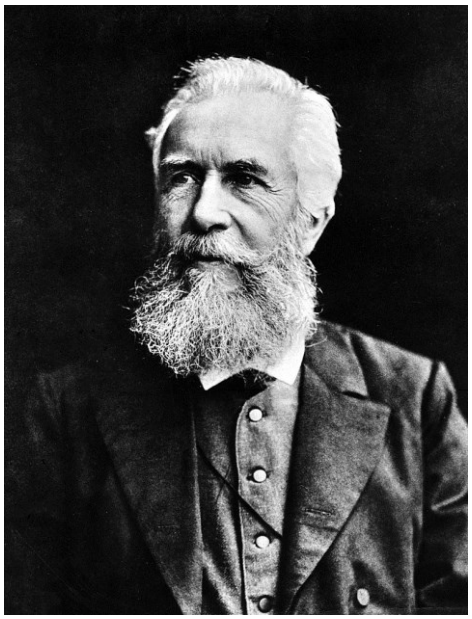


Рис. 5. Эрнст Генрих Филипп Август Геккель (16 февраля 1834, Потсдам — 9 августа 1919, Йена) — немецкий биолог-эволюционист, зоолог, морфолог, эмбриолог, философ, популяризатор науки, один из основателей морской гидробиологии

Среди множества направлений экологии, получивших развитие в прошлом, за последнее время широко дебютируются вопросы о новом прикладном назначении этой отрасли знаний. Речь идет об экологическом «сопромате», прикладной науке об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов - инженерной экологии.

Чтобы уяснить сущность этой новой отрасли знаний, обратимся к аналогиям.

В инженерно-строительных вузах на первом и последующих курсах изучаются такие дисциплины, как «Инженерная геодезия», «Инженерная геология», «Сопротивление материалов и теория упругости», «Механика грунтов, основания и фундаменты».

По прохождении геодезии студент, в дальнейшем инженер, будучи информирован в вопросах формирования земной поверхности и рельефа местности, может определять координаты и размеры территорий для размещения застройки и инженерных сооружений, производить разбивочные работы по вопросу проектов в натуру.

В дисциплинах «Инженерная геология» и «Механика грунтов» приобретаются знания о геологическом строении твердой оболочки Земли, механических свойствах грунтов и горных пород, используемых в качестве строительных материалов, оснований и фундаментов зданий и сооружений.

Вместе с сопроматом, теорией упругости, теоретической механикой и инженерными конструкциями названные технические дисциплины формируют знания инженера-строителя по промышленному и гражданскому строительству, путям сообщения и градостроительству.

Но в учебных планах технических вузов до последнего времени не было такой дисциплины, опираясь на знание которой инженер мог бы определить пределы допустимого вмешательства человека в ходе научно-технического прогресса в природные процессы [66].

В новых учебных планах технических, технологических, политехнических и строительных вузов такая дисциплина предусмотрена под общим названием «Охрана окружающей среды».

Основополагающая идея новой дисциплины заключается в том, чтобы, решая любую техническую проблему, рассматривать ее не только в отношении технической возможности и экономической целесообразности, но и в части урона, наносимого при этом окружающей

природной среде. Иными словами, техническая возможность и экономическая целесообразность любого решения должны подтверждаться инженерными расчетами по экологии - рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды.

К числу проблемных вопросов, решение которых могла бы взять на себя экология, относятся:

- определение предельной численности народонаселения Земли или отдельных регионов по природным ресурсам (восполнимым и невосполнимым), переработка, потребление и расход которых не сопровождался бы деградацией природы и изменением климата;
- технико-экономическое обоснование безотходных или малоотходных производств, воспроизводство и рекультивация природных, в том числе земельных ресурсов;
- определение форм и способа расселения, обеспечивающих биоклиматический комфорт и необходимые жизненные условия в гродской и жилой среде;
- определение норм предельно допустимых концентраций (ПДК) или максимально возможного количества вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), площади (почвенного покрова), веса (пищевых продуктов), которое при ежедневном воздействии в течение продолжительного времени не вызывало бы каких-либо патологических отклонений и неблагоприятных наследственных изменений у потомков.

В свою очередь инженерная экология в области градостроительства может взять на себя решение таких вопросов, как:

- комплексная оценка застраиваемых территорий в отношении природно-климатических ресурсов и рациональное использование их при формировании жилой и городской среды;
- аэрация и ветрозащита пространств и территорий в жилых районах и микрорайонах;
- прогнозирование и корректировка биоклиматических условий средствами планировки, застройки и благоустройства осваиваемых территорий;
- защита населения от шумов и вибраций.

Очевидно, решение перечисленных задач и широком плане должно базироваться на системе уравнений, характеризующих балансовое состояние окружающей среды по природным ресурсам.

К числу таких уравнений относятся:

- уравнения радиационного и теплового баланса;
- уравнение теплового баланса Земли, характеризующее общий тепловой фон атмосферы и подстилающей земной поверхности;
- уравнения воздушного и водного балансов;
- интегродифференциальное уравнение переноса излучения в атмосфере;
- уравнение теплового баланса городской среды, в котором при определении температуры воздуха наряду с рациональным топливом от Солнца учитывается тепло, выделяемое энергетическими системами города.

Не все из перечисленных нами уравнений балансового состояния окружающей среды в настоящее время в достаточной степени разработаны и могут быть использованы для практических расчетов. Разработка их - дело будущего [14].

В то же время ряд уравнений, например, уравнение теплового баланса человека и интегродифференциальное уравнение переноса изучения в атмосфере, в настоящее время разработаны и с их помощью будет решаться ряд практических задач по инженерной экологии.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что климатология и экология, будучи самым тесным образом взаимосвязаны, решают общую задачу по оценке качества и формированию благоприятных биоклиматических условий городской среды.

Темы докладов и сообщений

1. От биосферы к ноосфере: эволюция взглядов Вернадского и современный экологический кризис
2. Анализ концепций Зюсса, Вернадского.
3. Техносфера и «парниковый эффект» как следствие человеческой деятельности.
4. Градосфера: специфический климат города и его составляющие
5. Изучение теплового «колпака», аэрозольного загрязнения, изменения ветрового режима в городской среде.
6. Инженерная экология: новая дисциплина для проектирования устойчивой городской среды
7. Задачи инженерной экологии в градостроительстве (аэрация, борьба с шумом, оценка ПДК).

Контрольные вопросы

1. Что понимается под географической оболочкой (эпигеосферой)?
2. Какие геосферы включает географическая оболочка, и в каких пределах (по высоте и глубине) определяются её границы?
3. Чем качественно отличается географическая оболочка от других оболочек Земли?
4. Каковы четыре основных признака определяют географическую оболочку?
5. Чем географическая среда отличается от географической оболочки?
6. Какое определение биосферы даёт В.И. Вернадский?
7. Назовите основные компоненты вещества биосферы по классификации В.И. Вернадского.
8. Какова планетарная геохимическая роль живого вещества?
9. Что такое ноосфера согласно учению В.И. Вернадского?
10. Перечислите основные положения теории ноосферы.
11. Почему ноосферу называют высшей стадией развития биосферы?
12. Как деятельность энергетики влияет на баланс кислорода и углекислого газа в атмосфере?
13. Опишите две противоположные гипотезы («парниковый эффект» и «ледниковый период») о возможных глобальных последствиях такого воздействия.
14. Какие два основных условия, необходимо выполнить, чтобы избежать глобальной экологической катастрофы?
15. В чём заключается роль хлореллы?
16. Дайте определение градосфере.
17. Что является основными компонентами гидросферы (факторами влияния) и от чего зависят её границы?
18. Какую высоту и территориальные пределы можно условно принять для границ гидросферы?
19. Какие три основных группы негативных экологических факторов, специфичных для городской среды?
20. Что такое инженерная экология и в чём заключается её основополагающая идея при решении технических задач?

Глава 4. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

4.1. История климатологии как науки

Климатология - это наука о климате, его типах и обусловленности, распределении по земной поверхности и изменениях во времени.

Климат является одной из географических характеристик местности, знание и понимание которой необходимо для правильного решения вопросов хозяйственной деятельности человека и приспособления его жилищно бытовых условий к окружающей природной среде.

Предмет изучения климатологии - погодные условия, совокупность проявления которых в приземном слое атмосферы образует климат данной местности.

Начальные представления о климате и его закономерностях сложились еще в Древней Греции.

По словам древнегреческого философа и ученого Аристотеля (384 - 322 гг. до н.э.), «самые гигиенические города те, которые расположены на восточных склонах и, следовательно, обдуваются ветрами, дующими с солнечного востока [28].

Следующим по значению соображением является защищенность города от северных ветров, так как в таких городах смягчаются зимы».

В трудах Ксенофонта (около430 - 355 гг. до н.э.) отмечалось:» В домах, ориентированных на юг, зимой солнечные лучи проникают в крытые галереи, но летом путь Солнца проходит прямо над нашими головами и над крышами таким образом, что галереи затенены. Поэтому мы должны были бы делать южные стороны домов выше, чтобы получать больше зимнего солнца, а северные стороны - ниже, чтобы уменьшить площадь, подверженную действию холодных ветров».

Римский архитектор и инженер Витрувий во второй половине I в. до н.э. в «Десяти книгах об архитектуре» впервые систематизировал и определил основные принципы учета климатических условий в строениях и градостроительстве. Имея в виду природно-климатические условия, Витрувий писал: «Никакое жилище не будет здоровым вне этих условий».

В XVII - XVIII вв. наряду с массовым переводом на многие языки мира трактата Витрувия об архитектуре и учете климата при градостроении появляются первые описания климатов на базе инструментальных метеорологических наблюдений.

Ряд ученых (Э. Галлей, Дж. Хэдли в Великобритании, Ломоносов в России) высказывают первые соображения о влиянии атмосферной циркуляции на климат.

Немецкий естествоиспытатель А. Гумбольт в начале XIX в. положил начало систематизации и объяснению климатов Земли, построив первые климатические карты.

В середине XIX в. русские ученые Г.И. Вильд и А.И. Воейков в открытой печати в 1849 г. в Петербурге в руководимой ими Главной геофизической обсерватории (названной ныне именем А.И. Воейковым) развернули климатологические исследования.

В исследованиях А.И. Воейкова изучались географические закономерности и определялась природа климата. Последователи ученого (А.А. Каменский, Л.С. Берг, В.Ю. Визе и др.), углубляя его исследования в области ветрового ребжима и влагооборота, палеоклиматологии и биоклиматологии, разработали классификацию климатов Земли, основанную на выделении ландшафтно-климатических зон.

Климатология в своих исследованиях базируется на данных метеоролигии. В свою очередь метеорология как наука об атмосфере и происходящей в ней процессах занимается сбором, накоплением и статистической обработкой данных о климате в погодах и разрабатывает прогнозы метеорологических показателей на будущее для учета их в различных областях хозяйственной деятельности человека.

В настоящее время в стране насчитывается несколько тысяч метеорологических станций. По данным Росгидромета на 2025 год (Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды), в их сети насчитывается более 1800 метеорологических станций. Это включает в себя как станции, где работают люди, так и автоматические метеорологические комплексы (АМК) [58].

Кроме того, существуют метеостанции, принадлежащие другим организациям (например, научно-исследовательским институтам, аэропортам, промышленным предприятиям).

По приблизительной оценке, в России насчитывается более 2000 метеостанций различных типов. В 2006 году в состав гидрометеорологической сети России входили 1862 станции и 3097 постов, а также ряд других специализированных пунктов наблюдений.

Сеть включает обсерватории, станции, посты и пункты наблюдений, которые находятся в ведении Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета). Метеоданные от них в виде сводок погоды поступают территориальные и центральные управления гидрометеослужбы, где обрабатываются, хранятся и выдаются заинтересованным организациям для практического использования в народном хозяйстве, в том числе в проектировании, строительстве и производственной деятельности.

Современную климатологию довольно условно подразделяют на общую и прикладную. Общая климатология занимается изучением происхождения, структуры и закономерностей изменения климата на Земле в пространстве и во времени.

В зависимости от методов изучения климатообразующих процессов в составе общей или физической климатологии определились такие направления, как аэроклиматология, динамическая климатология и комплексная климатология [39].

Аэроклиматология занимается изучением климатических условий в свободной атмосфере и, в частности, в слоях, располагающихся на разных уровнях над земной поверхностью до 20 – 25 км. Как научное направление аэроклиматология оформилась к середине XX в., когда развитие аэрологических наблюдений дало достаточный материал для статистических обобщений, относящихся к состоянию высоких слоев атмосферы.

Аэроклиматические выводы наряду с использованием их для прогнозов на контактах имеют большое практическое значение для обеспечения работы Морского и Воздушного флота.

Динамическая климатология изучает законы формирования климата, устанавливая типы погод в связи с циркуляцией воздушных масс (циклонов и антициклонов) на обширных территориях и континентах.

Комплексная климатология занимается изучением закономерностей географического распределения погод, определяя климат в пого-

дах. Под погодой понимается комплекс взаимосвязанных и взаимообусловленных метеорологических элементов, и явлений, выражаемых в количественных показателях.

Здесь рассматриваются влияние погоды на человека, объекты его хозяйственной деятельности, на животных и окружающую среду и ставится задача универсального использования данных общей климатологии в прикладных целях народнохозяйственных объектов и комфортных условиях жизни для людей.

Комплексная климатология получила развитие в СССР с 1927 г. в трудах Е.Е. Федорова и его последователей Я.И. Фельдмана, Л.А. Чубукова. Существенный теоретический вклад в климатологию за последние годы внесен чл.-корр. АН СССР М.И. Будыко [6].

Однако успешное развитие общей климатологии не исключает, а, наоборот, предопределяет более интенсивное развитие прикладных направлений и их влияние на службу здоровья трудящихся и различные отрасли народного хозяйства страны, в особенности градостроительство.

Большое практическое значение климатологии явилось причиной возникновения ряда прикладных климатологических дисциплин. Это прежде всего сельскохозяйственная или агроклиматология - учение о влиянии климата на земледелие; медицинская климатология - отрасль медицинской науки, изучающая влияние на организм человека климатических и погодных факторов, методы их использования в лечебно-профилактических целях [19].

Существенный вклад в эту отрасль науки как в самостоятельную дисциплину - климатотерапию и курортологию - был внесен А.И. Воейковым работой "Исследование климатов для целей климатического лечения и гигиены» (1893), в которой были обобщены существовавшие в конце XIX в. взгляды на проблемы медицинской климатологии.

Для удовлетворения потребностей различных областей народного хозяйства родилась новая отрасль прикладной науки о климате - техническая климатология. В составе последней выделяется ряд прикладных дисциплин, например, авиационная, транспортная, строительная климатология.

В ряду других научных направлений, посвященных климатологии, особое место отводится изучению климата городов. С возникновением первых городов еще в Древнем Риме было замечено, что городской воздух во многом отличается от сельского.

Символом городской атмосферы является загрязненный воздушный бассейн. Об этом, в частности, говорилось в одах Горацио (65 - 8 гг. до н.э.). Сенека (3 г. до н.э. - 65 г. н.э.) отмечает: "Я почувствовал перемену в настроении, как только покинул смрадный воздух Рима, воняющий дымными печами, которые изрыгают отвратительный чад и сажу».

В средние века наиболее типичным в части загрязнения воздушного бассейна был Лондон, в котором, несмотря на неоднократные указы о запрещении отопления углем, оно продолжалось вплоть до 1952 г. От смога в том году погибло около 4000 лондонцев, после чего указом правительства Лондон и другие города Англии были объявлены «бездымными» зонами.

Большой вклад в климатологию городов был внесен английским ученым, членом Королевского общества Люком Хоуардом (1772 - 1864). Им, в частности, была издана первая монография по климату города, трижды переиздававшаяся в Англии с 1818 по 1833 г., в которой были изложены особенности города метеорежима, введены новые понятия о городском климате, даны характеристики и описания «городского тумана». Об отклонении метеопоказателей в Париже в сравнении с природной сельской местностью большая работа была проведена французским ученым Эмельеном Рено (1815 - 1902) [3].

На современном этапе заслуживает внимания монография Робера Леру «Экология человека - наука о жилищном строительстве», в которой ставится вопрос об инженерном подходе к проектированию жилища на базе биоклиматических характеристик организма человека.

В 1973 г. в Москве было проведено Всесоюзное совещание градостроителей, архитекторов, метеорологов, географов и климатологов по теме «Климат - город - человек», на котором широко и всесторонне были рассмотрены вопросы состояния науки и намечены пути развития в области городской климатологии.

4.2. Общие понятия о климате и климатообразующих факторах

Климатом называют типичный многолетний, режим погоды, свойственный той или иной местности и проявляющийся в определенных метеорологических показателях.

Многолетний режим погоды рассматривается как:

- совокупность всех погодных условий данной местности за несколько десятков лет;
- типичная годовая смена погод и возможные отклонения от ее нормы в отдельные годы;
- редкие аномальные условия погоды, характерные для каждой климатической зоны (похолодание, засухи, дождливые периоды, ветры и пр.).

Слово «климат» происходит от греческого *klima* - буквально «наклон» солнечных лучей в земной поверхности. Это означает, что первоосновой климатообразующих процессов являются солнечная радиация и экспозиция земной поверхности относительно Солнца.

В «Курсе климатологии» Б.П. Алисова, О.А. Дроздова и Е.С. Рубинштейна дается следующее определение климата: «климатом данной местности называется характерный для нее в многолетнем разрезе режим погоды, обусловленный солнечной радиацией, характером подстилающей поверхности и связанной с ним циркуляцией атмосферы».

Таким образом, формирование климата обусловлено взаимодействием геофизических процессов глобального масштаба с местными условиями и факторами географической среды [59].

К геофизическим процессам, предопределяющим климат, относятся: солнечная радиация (по всему спектру лучей в диапазоне длин волн $3 \cdot 10^2 – 6 \cdot 10^4$ нм в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра); теплооборот у земной поверхности; влагооборот в атмосфере; воздушная циркуляция.

К факторам географической среды, формирующим климат данной местности, относятся:

- высота над уровнем моря,
- газовый состав атмосферы,
- географическая широта,
- ландшафт территории,
- океанические течения,

- орография,
- распределение суши и моря,
- снежный и ледовый покров,
- характер почвы.

Взаимодействие географических процессов с местными географическими факторами предопределяет зональность и сезонность в распределении радиации, температуру воздуха, атмосферное давление и циркуляцию воздушных масс у земной поверхности.

В зависимости от высоты местности относительно уровня моря прослеживается высотная поясность в климатических показателях.

В частности, сравнительно малые различия в метеорологических показателях по высоте при разности отметок от сотен до тысяч метров оказываются эквивалентными по влиянию на климат на тысячи километров в широтном направлении.

Взаимодействие морей и океанов с сушей проявляется прежде всего в распространении условий морского климата на сушу материков и континентального климата на моря и океаны. Это происходит из-за различия условий теплообмена над почвой и ландшафтом суши, над водной поверхностью морей и океанов и благодаря циркуляции воздушных масс между ними. Характерны в этом отношении влияния на погоду и климат течения Гольфстрима в Западной Европе и Куросио на Дальнем Востоке [46].

Теплые течения океанов в направлении высоких широт, обогревая атмосферу, смягчают климат.

Холодные течения в направлении низких широт, наоборот, охлаждают атмосферу, повышая суровость климата.

Интенсивный теплообмен между материком и океаном сопровождается резкими изменениями в режиме влагооборота, содействуя или препятствуя образованию облаков, туманов, приводя к перепадам температуры в атмосфере.

Различия в экспозициях склонов горных хребтов в силу разной степени нагрева их поверхностей от Солнца создают большие возмущения в распределении воздушных течений и различия в температуре воздуха, облачности, осадков и других атмосферных явлениях у земной поверхности.

Почвы и растительный покров обладают различной степенью отражения, поглощения и отдачи тепла в атмосферу приземного слоя.

Ландшафтный фактор, зависящий во многом от радиационного режима, является решающим в определении местных климатических условий.

Снежный и ледовый покров, особенно льды Антарктики и Арктики, будучи главными агентами "кухни погоды» на полюсах так же, как ледники и фирновые поля в горах, существенно влияют на формирование метеорологических условий окружающей среды.

Газовый состав воздуха, относительно стабильный в естественных условиях и не оказывающий большого сдвигаемого влияния на метеорологические показатели, существенно изменяется в результате антропогенного воздействия на атмосферу, приводя к ощутимым отклонениям тех же показателей от нормы.

Это относится прежде всего к области градосферы, где от сжигания большого количества топлива промышленными предприятиями и загрязнения атмосферы газопылевыми выбросами и отходами образуются очаги техносферы.

Результатом взаимодействия указанных очагов и окружающей атмосферы являются:

- образование воздушных ореолов и "колпаков» над городами, "островов тепла» с повышенным содержанием окиси углерода и углекислого газа, газовых и аэрозольных отходов производства и транспорта;
- увеличение облачности и количества осадков над территорией города в связи с повышенной концентрацией ядер конденсации»;
- существенное повышение температуры воздуха в городской среде по сравнению с загородными условиями;
- температурные инверсии с образованием "парникового эффекта» или смоговых явлений.

Таким образом, климат как результат взаимодействия солнечной радиации и географической среды во многом зависит от характера подстилающей поверхности и циркуляционных процессов, возникающих в атмосфере.

В зависимости от обширности рассматриваемых территорий, в пределах которых могут ощутимо изменяться климатические явления, из общего понятия "климат» выделяются его разновидности: макроклимат, мезоклимат, микроклимат [53].

Под макроклиматом понимается совокупность погодных условий, свойственных обширным территориям - регионам, зонам и географическим поясам.

Мезоклимат определяется как климат данной конкретной местности, формирующейся под влиянием конкретной ландшафтной ситуации (рельеф, лес, водоемы). Как результат взаимодействия общеклиматических явлений с градостроительными факторами в пределах городской среды образуется местный климат, или мезоклимат города.

В свою очередь, отдельные локальные участки территорий в зависимости от характера подстилающей поверхности (газоны, зеленые насаждения, покрытия, застройки), ее отражательной и поглощательной способности солнечных лучей и защищенности от ветров образуют свой особый климат, называемый микроклиматом данной территории. Это особенно характерно для городских территорий, где в силу большого разнообразия и часто меняющихся подстилающих поверхностей происходят существенные отклонения метеорологических показателей от обще- и мезоклиматической нормы.

Темы докладов и сообщений

1. История климатологии: от наблюдений Витрувия до спутникового мониторинга
2. Развитие методов изучения климата и их влияние на архитектуру и градостроительство.
3. Климатообразующие факторы: глобальные процессы и местные условия
4. Анализ взаимодействия солнечной радиации, циркуляции атмосферы, рельефа и подстилающей поверхности.
5. Макро-, мезо- и микроклимат: масштабы климатических явлений»
6. Различие понятий на примере климата региона, крупного города и отдельного двора.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение климатологии как науки.
2. Что является её предметом климатологии?
3. Какие принципы учёта климата в строительстве были сформулированы античными авторами (на примере Ксенофонта и Витрувия)?

4. Какой вклад в XVII–XVIII вв. внесли учёные в понимание формирования климата?

5. Какую роль в становлении российской климатологии сыграли А.И. Воейков и Главная геофизическая обсерватория?

6. На чём была основана разработанная А.И. Воейковым и его последователями классификация климатов?

7. На какие два крупных раздела условно подразделяется современная климатология?

8. Дайте краткую характеристику общей климатологии и назовите три основных направления в её составе (аэроклиматология, динамическая и комплексная).

9. Перечислите три основные прикладные климатологические дисциплины

10. Какой вклад в развитие медицинской климатологии внёс А.И. Воейков?

11. Какие наблюдения о специфике городского воздуха были сделаны ещё в древности (Сенека) и Средневековье (Лондон)?

12. Кто из учёных (Люк Хоуард, Эмельен Рено) и какую роль сыграл в становлении климатологии городов как научного направления?

13. Назовите четыре основных геофизических процесса глобального масштаба, предопределяющих климат.

14. Перечислите не менее пяти местных факторов географической среды, формирующих климат конкретной местности.

15. Как взаимодействие суши и моря (на примере океанических течений) влияет на формирование климата?

16. Каким образом орография (рельеф) и характер подстилающей поверхности (почва, растительность, снежный покров) изменяют местные климатические условия?

17. Каковы основные причины формирования специфического климата в градосфере (городской среде)?

18. Перечислите не менее трёх характерных результатов взаимодействия техносферы с атмосферой, приводящих к отклонениям метеопоказателей в городе.

19. Что является ключевым фактором, определяющим микроклимат городской территории?

Глава 5. СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ

Электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца в окружающее пространство называют солнечной радиацией.

Корпускулярная часть радиации состоит в основном из протонов, обладающих у земной поверхности скоростью $3 \cdot 10^5 – 15 \cdot 10^6$ км/с при концентрации их объема 5 - 80, а при повышении солнечной активности и после больших вспышек доходящей до 1000 ионов/см^3.

Электромагнитная часть излучения характеризуется длиной волн в пределах видимой части спектра, а в совокупности с ультрафиолетовым и инфракрасным излучениями образует инсоляцию (обучение) земной поверхности.

Поверхность земли получает от Солнца ежегодно около 20 - 10^{20} кДж лучистой энергии. Около половины ее тратится на испарение воды, которая участвует в большем природном круговороте [36].

Относительно небольшая часть солнечной энергии, участвующей в биологическом круговороте, воспроизводит в процессе фотосинтеза растений весьма значительную работу в биосфере. Так, по некоторым оценкам, годовая продукция фотосинтеза земного шара составляет 46 млрд т органического углерода.

Для производства этого количества углерода (в соответствии с уравнением фотосинтеза $C0_2 + H_20 = (CH_20) + 0_2$)) в ежегодном биологическом круговороте связывается 170 млрд т углекислоты с 68 млрд т воды. При этом образуется 115 млрд т сухого органического вещества и 123 млрд т свободного кислорода.

Общая схема лучистого теплообмена в атмосфере и у земной поверхности представлена на рис. 6.

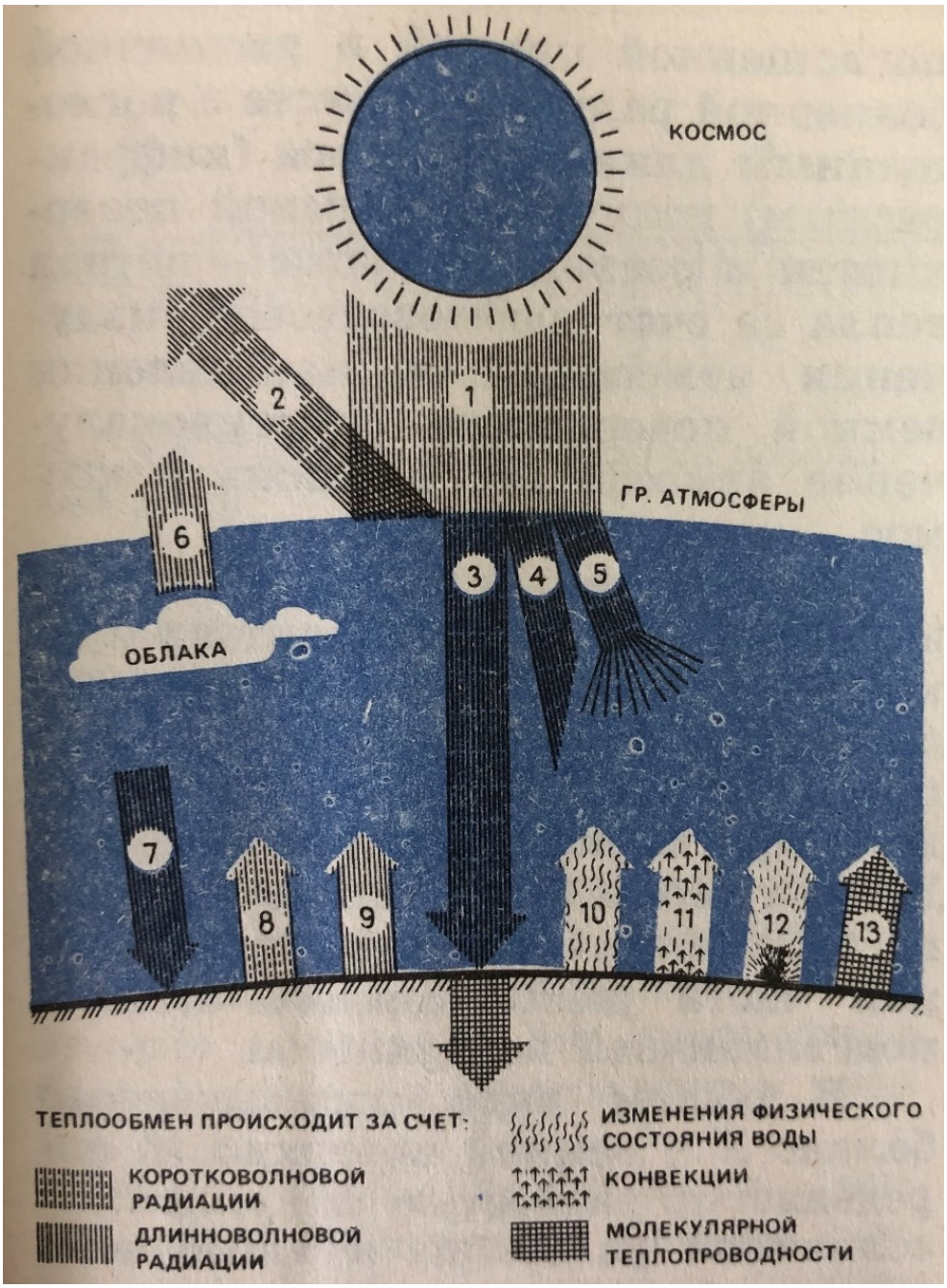


Рис.6. Схема лучистого теплообмена у земной поверхности:
1 - внеземная прямая солнечная радиация; 2 - радиация, отраженная атмосферой; 3 - прямая солнечная радиация на земную поверхность; 4 - радиация, поглощенная атмосферой; 5 - радиация, рассеянная атмосферой; 6 - радиация, отраженная облаками; 7 - радиация, рассеянная небом; 8 – отраженная от земли коротковолновая радиация; 9 - отраженная от земли длинноволновая радиация; 10 - теплоиспарения; 11 – конвекция тепла; 12 - лучистая псевдопроводность; 13 - теплопроводность

По видам и характеру распространения в географической среде солнечная радиация разделяется на прямую, рассеянную и отраженную от земной поверхности.

Поверхностная плотность потока солнечной радиации в сечении, перпендикулярном его направлению, приходящего на верхнюю границу атмосферы при среднем расстоянии от Земли до Солнца, называется солнечной постоянной. Величина ее определяется в 1382 Вт/м^2. Рассеиваясь или поглощаясь в пределах земной атмосферы, лучистая энергия образует рассеянную или диффузную радиацию [15].

В отличие от прямой, падающей на Землю параллельным пучком от Солнца, рассеянная радиация распространяется из всех точек небосвода.

В результате отражения солнечных лучей земной поверхностью возникает отраженная радиация.

Часть прямой и рассеянной солнечной радиации, аккумулируясь на земной поверхности в виде тепла, образует тепловое излучение, называемое также противоизлучением Земли.

В свою очередь атмосфера, нагреваясь за счет теплообмена с земной поверхностью, становится тоже источником теплового излучения, которое называется противоизлучением атмосферы.

По воздействию на живой организм и окружающую среду солнечная радиация дифференцируется в зависимости от длины волн по спектру лучей, проходящих через атмосферу. Оптический спектр солнечных лучей, прорезающих атмосферу, находится в пределах длин волн от 300 до 5000 нм.

В этих пределах различают излучения:

- средневолновое ультрафиолетовое (длина волн 280 - 320 нм);
- длинноволновое ультрафиолетовое (длина волн 320 - 400 нм);
- световое (длина волн 400 - 760 нм);
- инфракрасное (длина волн 760 - 500 нм).

Каждое из названных излучений по-своему проявляется на земной поверхности в воздействии на окружающую природу, животный и растительный мир, человека.

Ультрафиолетовое излучение в пределах средних и длинных волн проявляется в биологическом (эритемном) аспекте, в то время как инфакрасное излучение является тепловым, светово-холодным.

Из пяти разновидностей лучистой энергии - прямой, рассеянной, отраженной, тепловой и излучения земной поверхности и атмосферы – три первые сконцентрированы в коротковолновой части спектра. Две последние относятся к длинноволновым.

Солнечное облучение земной поверхности называют также инсоляцией.

Для практических целей сельского хозяйства, солнцелечения и градостроительства под инсоляцией понимают приток радиации на горизонтальную, вертикальную и наклонную (склоновую) поверхности.

Интенсивность инсоляции, как и радиации, выражается количеством энергии, приходящей в единицу времени на единицу облучаемой поверхности, Вт/м^2.

Интенсивность облучения зависит от высоты Солнца над горизонтом, экспозиции поверхности, высоты над уровнем моря, а также от прозрачности атмосферы и от облачности. Именно продолжительность инсоляции в зависимости от наклонного, вертикального или горизонтального положения поверхности относительно солнечных лучей при одинаковой интенсивности облучения может оказаться недостаточной, нормальной или излишней, если результат ее действия получился соответственно неощутимым, комфортным или дискомфортным [65].

Задача градостроительного проектирования в этом случае заключается в том, чтобы средствами планировки, застройки и благоустройства усилить положительное и ограничить отрицательное действие Солнца на человека в жилой среде.

Алгебраическая сумма прихода и расхода лучистой энергии Солнца у земной поверхности характеризуется радиационным балансом. Различают радиационный баланс атмосферы и подстилающей поверхности.

Радиационный баланс атмосферы состоит из приходной части - поглощенной прямой и рассеянной солнечной радиации вместе с поглощенным длинноволновым (инфракрасным) излучением земной поверхности и расходной части - потери тепла за счет длинноволнового излучения атмосферы в направлении земной поверхности (противоизлучение атмосферы), а также в космос.

Радиационный баланс подстилающей поверхности составит из приходной части: прямой и рассеянной солнечной радиации, поглощенной поверхностью, а также поглощенного противоизлучения атмосферы.

Потери тепла собственного теплового излучения относятся к расходной части радиационного баланса подстилающей поверхности.

В общем виде радиационный баланс *R* у земной поверхности определяется разностью поглощенной солнечной радиации и длинноволнового эффективного излучения по уравнению:

$$R = Q\ (1- £\ )\ I$$

где Q - суммарная коротковолновая радиация (прямая и рассеянная); £ -отражательная способность поверхности – альбедо (табл.2).

Таблица 2

Альбедо - коэффициенты отражения тепловой a_m, ультрафиолетовой a_y радиации подстилающих поверхностей и материалов

Подстилающие поверхности и материалы	Коэффициенты отражения	
	a_m,	a_y
Подстилающие поверхности		
Снег: свежий лежалый	 0,85 0,65	 0,75 0,63
Песок светлый	0,3	0,2
Обнаженная почва	0,2	-
Трава зеленая, газон	0,08	0,02
Вода	0,05	-
Материалы		
Кирпич: красный белый	 0,32 0,65	 0,07 0,3
Известняк: светлый темный	 0,65 0,5	 - -
Песчаники: светлый темный	 0,4 0,25	 - -
Асфальт	0,18	-
Бетон светлый	0,3	-

Радиационный баланс является составной частью и главным фактором теплового баланса атмосферы и подстилающей поверхности. Его величина зависит от географической широты и изменяется в течение года.

Так, для Санкт - Петербурга, по данным М.В. Завариной, годовая сумма радиационного тепла в среднем составила 92-10^4 кДж/м^2, т.е. около 27% всей поступающей радиации, в Ашхабаде - 167х10^4 кДж/м^2. Зимой баланс в Северном полушарии отрицательный, что означает превышение потери тепла земной поверхностью над поступлением.

Летом он положительный, благодаря чему земная поверхность нагревается.

Приход тепла, поступающего к земной поверхности от Солнца, и расход уходящего от нее тепла путем излучения характеризуются уравнением теплового баланса

$$Я - A + W + LE,$$

где A - тепло, нагревающее почву; W - тепло, нагревающее воздух; LE - тепло, расходуемое на испарение воды с почвы *(L* - скрытая теплота испарения – количество энергии, необходимой для превращения 1 см^2 воды в пар; E - количество испарившейся влаги, см^3).

Тепловой баланс земной поверхности зависит от географического положения местности, во многом определяется влажностью воздуха и почвы, формируя их температурный режим.

Так, в Прибалтике и северо-западном регионе, где характерным является влажный климат, до 80% тепла тратится на испарение, а остальные 20% идут на нагревание почвы.

В условиях жаркого и сухого климата Средней Азии, особенно в пустынных районах, главная часть тепла (до 75%) расходуется на нагрев почвы и воздуха, меньшая (25%) - на испарение.

Сумма рассеянной и отраженной радиации именуется также диффузной радиацией.

Сумму прямой и диффузной радиации называют суммарной радиацией.

Количество радиационного тепла, поступающего на поверхность, перпендикулярную лучам Солнца, теоретически может быть рассчитано точно [43].

Практически для определения прямой и солнечной рассеянной радиации используются осредненные данные многолетних актинометрических наблюдений метеопунктов, собранные и обработанные за ряд лет. Эти данные характеризуют наиболее вероятные поступления радиации с учетом облачности и типичного состояния атмосферы.

Данные о количестве радиационного тепла, поступающего на горизонтальную и вертикальную поверхности, приводятся в СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». Годовой ход тепловой и ультрафиолетовой плотности солнечной радиации для ряда пунктов приводится на рис 7.

Наибольшее количество прямой радиации получает земная поверхность на экваторе, где в день зимнего солнцестояния (21 декабря) Солнце находится в зените.

Некоторое представление о прямой солнечной радиации, приходящейся на земную поверхность одной и той же широты Северного полушария в дни равноденствия и зимнего солнцестояния при условии ясного неба и большой прозрачности атмосферы (коэффициент прозрачности 0,8) дают данные таблицы.

По данным М.В. Завариной, из общего количества поглощенной радиации только 27% прямой солнечной радиации расходуется на нагревание поверхности земли, 16% попадает на землю в результате рассеяния радиации атмосферой и облаками.

Рис. 7. Годовой ход тепловой и эритемной радиации

Рис. 8. Годовой ход тепловой и эритемной радиации
а - Архангельск; б -С.-Петербург; в - Астана;
I^e_c - приход суммарной тепловой радиации, кДж/м^2; - I^e_p - приход рассеянной тепловой радиации, кДж/м^2; E^r_c - приход суммарной эритемной радиации, мэр/м^2; E^r_p - приход рассеянной эритемной радиации, мэр/м^2

Средние годовые суммы прямой и суммарной радиации по широтам при условиях, близких к действительным, приводятся в таблице 3.

Таблица 3

Суточные нормы прямой солнечной радиации, кДж/м^2

Дни	Широта, град.					
	0	10	30	50	70	90
21.03	28 136	27 591	23 279	15 240	5527	0
22.06	24 153	22 172	30 480	29 600	26 126	26 544

Приборы для измерения радиации, называемые актинометрами, основаны на использовании теплового эффекта солнечной радиации.

Для измерения радиации применяются также фотоэлектрические, фотохимические и другие способы [6].

Прямая радиация измеряется компенсационным пиргелиометром Онгстрема (в абсолютных единицах), актинометрами Михельсона и Савинова-Янишевского (в относительных единицах) (рис.9).

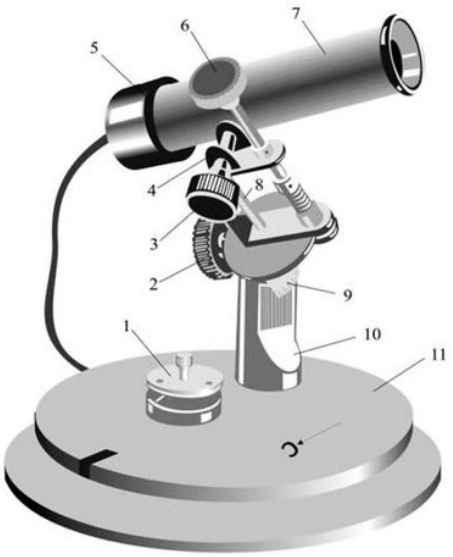


Рис. 9. Актинометр

С помощью актинометров ведутся непрерывные записи измерений прямой радиации по времени.

Суммарная радиация измеряется также термоэлектрическим пиранометром Янишевского П-3х3.

Пиранометром Янишевского на трубчатом карданном подвесе измеряется рассеянная солнечная радиация, а также отраженная радиация. Для этого в первом случае приемная часть прибора затеняется, во втором - обращается вниз, к отражающей поверхности. Пиранометры, используемые для измерения отраженной радиации, называются альбедометрами [4].

В наблюдениях за продолжительностью солнечного сияния на метеостанциях обычно используются универсальные гелиографы ГУ системы Кемпбелла - Стокса, автоматически регистрирующие промежутки времени, в течение которых светило Солнце.

Темы докладов и сообщений

1. Солнечная радиация: энергетическая основа жизни на Земле и климата

2. Виды радиации (прямая, рассеянная, отраженная). Роль в фотосинтезе и формировании теплового баланса.

3. Радиационный и тепловой баланс Земли: механизм формирования климата

4. Анализ уравнения теплового баланса.

5. Распределение тепла на нагрев воздуха, почвы и испарение в разных климатических зонах.

6. Инсоляция в градостроительстве: обеспечение комфорта и энергоэффективности

7. Практическое значение инсоляции.

8. Методы расчета и задачи проектирования для создания благоприятной световой среды.

Контрольные вопросы

1. Из каких двух основных частей состоит солнечная радиация?

2. Какая доля поступающей к Земле лучистой энергии участвует в биологическом круговороте, и какую работу она воспроизводит в биосфере?

3. Какие три основных вида солнечной радиации по характеру распространения в географической среде выделяются?

4. Дайте определение солнечной постоянной и укажите её величину.

5. Что понимается под «тепловым излучением» (противоизлучением) Земли и атмосферы?

6. Из каких приходных и расходных частей складывается радиационный баланс подстилающей поверхности?

7. В каких пределах длин волн находится оптический спектр солнечных лучей, достигающих Земли?

8. Какие четыре диапазона излучения в нём различают и каково их основное воздействие на живые организмы (например, ультрафиолетовое и инфракрасное)?

9. Что понимается под инсоляцией в практических целях градостроительства?

10. От каких четырёх основных факторов зависит интенсивность инсоляции? В чём заключается градостроительная задача по регулированию её воздействия?

11. Что такое альбедо и какую роль оно играет в радиационном балансе?

12. Запишите уравнение теплового баланса земной поверхности и расшифруйте его составляющие.

13. Какие два основных физических принципа лежат в основе работы приборов для измерения солнечной радиации (актинометров)?

14. Для измерения каких конкретных видов радиации (прямой, рассеянной, отраженной) используются пиргелиометр Онгстрема, пиранометр Янишевского и альбедометр?

15. Где на Земле наблюдается наибольшее количество прямой солнечной радиации и почему?

16. Как меняются суточные нормы прямой радиации с увеличением географической широты в дни равноденствия (21.03) и летнего солнцестояния (22.06)?

17. Объясните, каким образом солнечная радиация, проходя через атмосферу и взаимодействуя с подстилающей поверхностью, становится главным климатообразующим фактором.

18. Как понятия радиационного и теплового баланса связаны с формированием местного климата, в том числе в городской среде (градосфере)?

Глава 6. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И ПРОМЕРЗАНИЕ ПОЧВОГРУНТОВ

6.1. Температура воздуха

Как уже отмечалось выше, температура наружного воздуха образуется в результате взаимодействия лучистого тепла Солнца и теплового противоизлучения земной поверхности.

При этом из общего количества тепла, поступающего на границу атмосферы, лишь 14% приходится на нагрев воздуха, остальные 86% равными долями уходят в Космос и на нагрев поверхности Земли.

Наряду с радиационным теплом на температуру воздуха существенно влияют также циркуляционные процессы и ветровой режим.

В качестве общих закономерностей температурного режима в приземной атмосфере на территории страны можно назвать следующие:

- при сравнительно устойчивом снижении температуры по вертикали в нижних слоях (в среднем 0,65°С на каждые 100 м высоты) наблюдается довольно пестрая картина в колебаниях температуры в верхних слоях атмосферы в горизонтальных направлениях;
- указанные колебания происходят вследствие циклонов и антициклонов, вторгающихся из Арктики и с Атлантического океана и несущих в глубь континента большие массы холодного или теплого воздуха;
- общая тенденция в снижении среднегодовой температуры воздуха на территории страны наблюдается с юго-запада на северо-восток;
- полюсом холода в стране (и в Северном полушарии) считается Оймяконская впадина (респ. Саха, Якутия), где средняя минимальная температура составляет 50°С, абсолютный минимум - около 71°С. Здесь же зафиксирована наименьшая среднегодовая температура воздуха - 16,6°С и наибольшая амплитуда колебаний максимума и
- минимума температуры - 104°С;
- самой теплой считается Сурхандарьинская область (Узбекистан, города Термез, Шарабад) - здесь зафиксированы максимальная температура воздуха (в тени) 50°С, абсолютный минимум 25°С и среднегодовая положительная температура 17 - 184°С, амплитуда колебания летних и зимних температур составила 75°С.

Температурный режим воздуха характеризуется колебаниями температуры по времени суток, недели, месяца, года.

По амплитуде колебания температуры (разности максимальной и минимальной) в суточном ходе судят о резкости изменения климата, по годовой амплитуде (разности температур самого холодного и самого теплого периода года) - о степени континентальности климата местности [48].

Степень континентальности климата возрастает по мере удаления места в глубь континентов и морей, и океанов. Наибольшие амплитуды колебания температуры воздуха в годовом ходе характерны для «полюса холода» в районе Оймякона (респ. Саха, Якутия) и примыкающих к нему территорий, постепенно уменьшаясь в юго-западном направлении к Черному и Средиземному морям.

Наибольшая контрастность температур в течение суток наблюдается в Средней Азии. Так, на территории Кара-Калпакии (Узбекистан) была зафиксирована максимальная суточная амплитуда 74°С, когда (в апреле) при утреннем заморозке -4°С к 13 ч температура на поверхности почвы оказалась +70°С.

Температурный режим воздуха в годовом разрезе характеризуют следующие показатели:

а) среднемесячные температуры на протяжении всего года;

б) среднемесячные максимумы и минимумы суточной температуры воздуха;

в) суточный ход температуры воздуха в июне, июле, августе и сентябре (теплый период);

г) то же на протяжении отопительного сезона;

д) экстремальные значения температуры воздуха летом и зимой;

е) средняя максимальная (летом) и средняя температура наиболее холодной пятидневки и наиболее холодных суток;

ж) продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха менее 8°С (отопительный сезон);

з) продолжительность периода со среднесуточной температурой ниже 0°С;

и) средние температуры воздуха наиболее холодного периода, который определяется в 15% периода по пункту» ж».

На рисунке 10 представлен пример графического изображения годового хода среднемесячной температуры наружного воздуха по

данным многолетних наблюдений для города, расположенного в III климатическом районе.

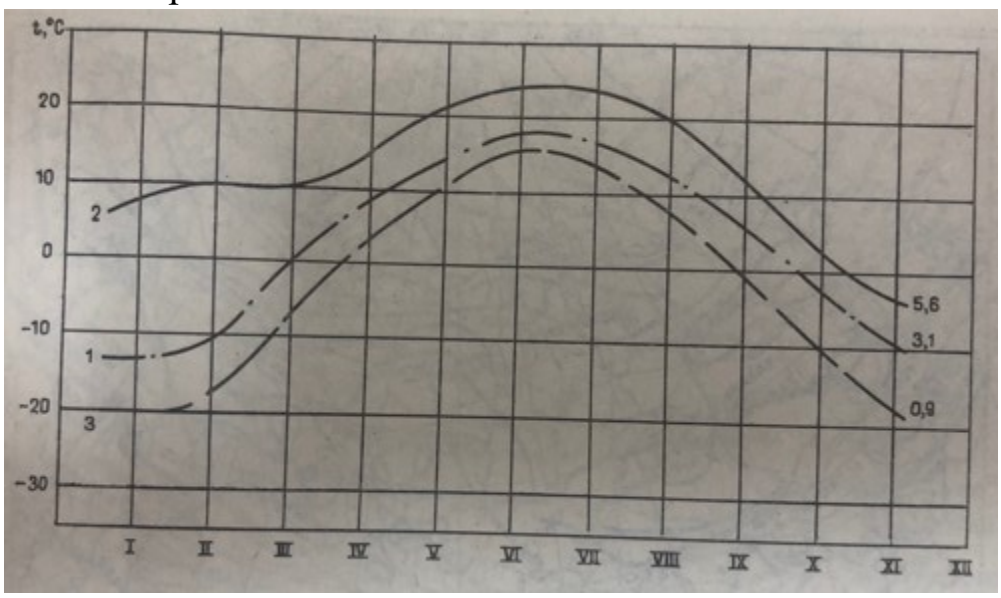


Рис. 10. Годовой ход среднемесячной температуры воздуха для города, расположенного в III климатическом районе 1 - средняя; 2 - самая высокая; 3 – самая низкая

Среднюю температуру воздуха наиболее жарких суток определяют по формуле:

$$t_{иж} = t_ж + T$$

где $t_ж$ - средняя температура воздуха самого жаркого месяца, определяемого по СНиГХ 2.01.01-82; *T* - постоянная величина, определяемая по схематической карте.

Данные о температурном режиме приземной атмосферы используются:

а) при климатическом районировании территории;

б) в теплотехнических расчетах ограждающих конструкций отапливаемых зданий и сооружений;

в) для расчета системы и определения сроков отопления;

г) при определении морозостойкости строительных материалов;

д) в расчетах продолжительности строительного сезона и определении мероприятий по производству строительных работ в зимнее время;

е) для прогнозирования биоклиматических показателей и определения степени комфортности наружной (жилой) среды по тепловым ощущениям человека.

6.2. Промерзание почвогрунтов

Данные о глубине промерзания почвогрунтов и колебаниях нулевой изотермы за зимний период используются обычно:

- для назначения глубины заложения фундаментов зданий, сооружений и подземных коммуникаций (трубопроводов);

- при разработке мероприятий по инженерной подготовке территорий и обеспечению устойчивости сооружений на них. Например, водно-тепловой режим и устойчивость земляного полотна под дорожной одеждой или другими сооружениями на склонах различной крутизны и экспозиции, подверженных оползневым процессам [45].

Глубина промерзания грунтов находится в прямой зависимости от температуры наружного воздуха.

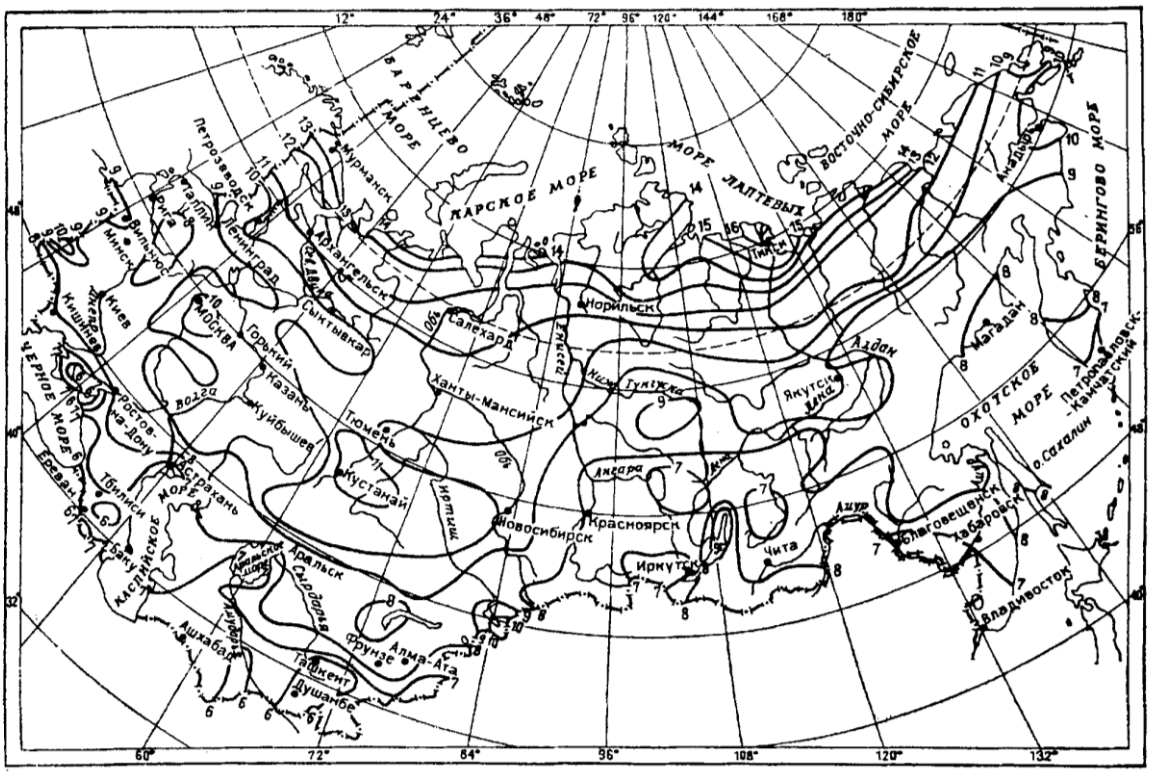


Рис. 11. Карта-схема изолиний постоянной величины Т для определения температуры воздуха наиболее жарких суток

Поэтому перечисленные выше общие закономерности географической направленности распространения отрицательных температур воздуха с юго-запада на северо-восток в одинаковой степени дублируются и в отношении глубины промерзания глинистых и суглинистых грунтов на территории страны (рис 12).

Так, если на линии Таллинн, Минск, Ростов-на-Дону, Каспийское море, Бешкек почва промерзает до глубины не более 80 см, то на севере от линии Нарьян-Мар, Воркута, Клосюр, Оймякон в зоне вечной мерзлоты деятельный слой промерзает и оттаивает ежегодно на глубину до 240 см.

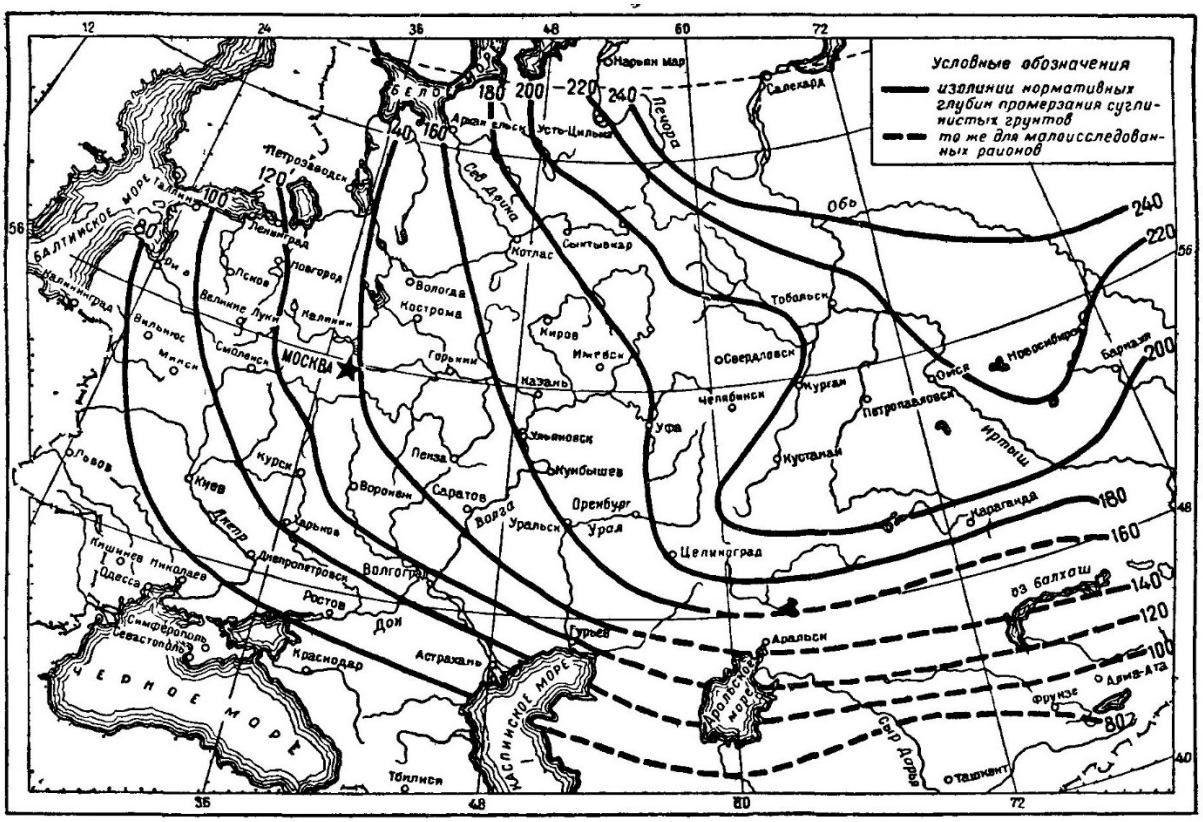


Рис.12. Карта-схема глубины промерзания глинистых и суглинистых грунтов

Измерения температуры воздуха и почвы производится с помощью обычных ртутных и спиртовых термометров или специальных термометров, фиксирующих минимальные или максимальные значения (рис.13).

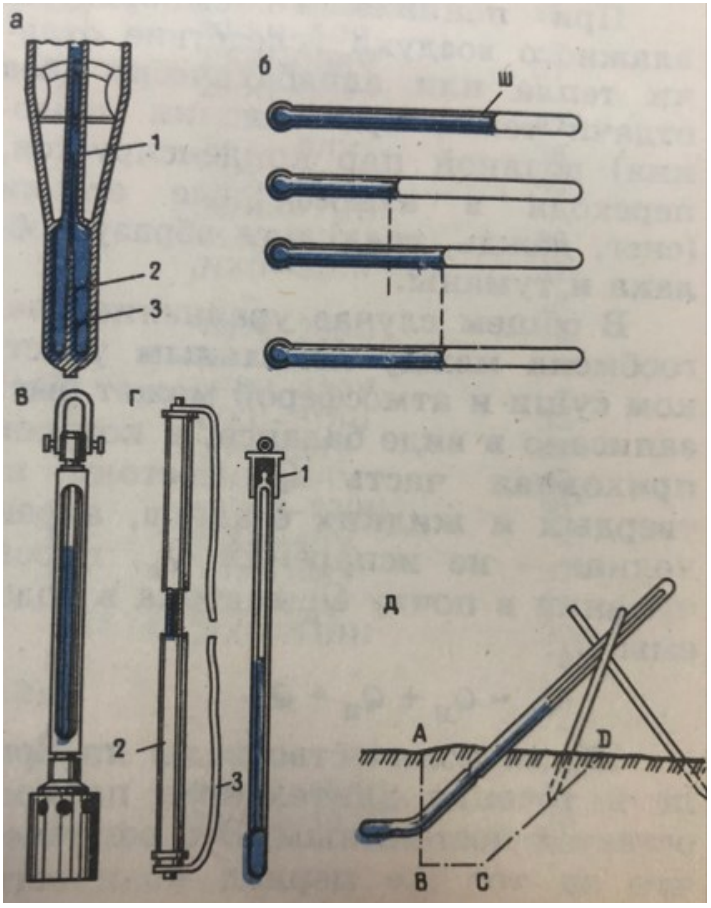


Рис.13. Термометры для определения температуры воздуха, воды и почвы: а - максимальный термометр: 1 - капиллярная трубка; 2 - резервуар; 3 – стеклянный штифт; б – минимальный термометр; ш - стеклянный штифтик; в - родниковый термометр; г - термометр-пращ: 1 - колпачок; 2 - защитный цилиндр; 3 - шнур; д - почвенный термометр Савикова

Для непрерывной фиксации суточного или недельного хода температуры используются термографы, оборудованные самописцами (часовой механизм с барабаном, обернутым бумажной лентой), с помощью которых составляется график колебания температур во времени.

6.3. Влажность воздуха и осадки

Содержание влаги в воздухе - одна из существенных характеристик погоды и климата [40].

Данные о влажности воздуха необходимы при организации ряда технологических процессов, в расчетах температурно-влажностного

режима хранилищ, зданий и сооружений, в климатологии, при расчетах фазового состояния воды во влагообороте географической оболочки Земли.

Вода, испаряясь с поверхности морей, океанов, внутри континентальных водоемов, почв и растительности, образует в атмосфере водяной пар, который путем турбулентной диффузии распространяется вверх, а воздушными течениями переносится по земной поверхности.

Перемешиваясь с местными воздушными потоками, атмосферный увлажненный поток "разбавляет» концентрацию влаги в воздухе или, наоборот, повышает его влажность в зависимости от исходного состояния последней [7].

При понижении температуры влажного воздуха вследствие отдачи тепла или адиабатически (без отдачи тепла при падении давления) водяной пар конденсируется, переходя в атмосферные осадки (снег, дождь, град) или образуя облака и туманы.

В общем случае уравнение влагообмена между локальным участком суши и атмосферой может быть записано в виде баланса, в котором приходная часть Q_0 состоит из твердых и жидких осадков, а расходная - из испарения Q_H, просачивания в почву $Q_п$ и стока в водоемы $Q_с$:

$$Q_0 = Q_и + Q_п + Q_с$$

Общее количество воды на Земле в течение длительного периода остается постоянным. Это означает, что за тот же период количество осадков равно испарению с поверхности Земли и в среднем составляет по земному шару около 1000 мм, или 511 тыс. км^3 воды в год. Из этого количества 21% выпадает над сушей и 79% - над океаном.

Весьма характерно при этом, что около половины осадков в пределах зоны от 20° с.ш. и 20° ю.ш. и лишь 4% осадков приходится на обе полярные зоны Арктики и Антарктики.

При выпадении осадков на поверхность суши в среднем 730 мм в год в атмосферу испаряется 410 мм, уходит в сток 310 мм. Из общего количества испаряющейся влаги 88% приходится на океаны и 12% - на поверхность суши.

В связи с этим обращается внимание на расходную часть водного баланса уравнения (см. выше), где фигурирует показатель количества воды, просачивающейся в почву. Эта влага расходуется растениями на

фотосинтез, а также на пополнение запасов подземных вод и над подземный сток в водоемы и распределяется в конечном счете между $Q_и$ (при высыхании растений) и $Q_с$ (расход воды из водоемов).

В связи с этим уравнение, не будучи строгим математически в годовом балансе и в целом для земного шара, может характеризовать режим влагооборота на континенте или ограниченном участке суши в течение короткого промежутка времени (по сезонам) в отношении дефицита или избытка влаги.

Влажность воздуха в приземном пространстве атмосферы зависит:

- от количества и характера осадков, выпадающих на поверхность данной местности;
- от континентальности и удаленности территории от водоемов, морей и океанов;
- широты местности;
- температурного и ветрового режима в приземном пространстве воздуха.

Общее количество осадков, выпадающих на земную поверхность различных климатических районов, отличается крайней неравномерностью. Наибольшее среднегодовое количество осадков - 12 655 мм - выпадает в районе Черрапунджа (Индия), наименьшее в районе Кайнапс (Чили) – всего 8 мм в год [56].

В странах бывшего содружества наибольшее количество осадков - 2418 мм – в год отмечается в районе Батуми (Грузия), а наименьшее - 62 мм - а районе озера Каракуль Горно-Бадахшанской автономной области. Наибольшее суточное количество осадков отмечено в Зугдиди (Грузия) – 268 мм.

По числу дней в году с осадками более 1 мм первое место (280 дней) занимает республика Коми, второе - Минск (204) и Байкит (Красноярский край), третье и четвертое (по 200 дней) делят Пярну (Эстония) и Томск. Годовое количество осадков, выпадающих на территории страны, по ряду пунктов представлено в табл. 4.

Таблица 4

Атмосферные осадки и снежный покров

Города	Количество осадков		Снежный покров	
	Жидких за год	Суточный максимум	Средняя дата образования и разрушения устойчивого снежного покрова	Средняя из наибольших высот за зиму, см
Барнаул	380	61	10.11-07.04	46
Благовещенск	529	122	10.11-23.03	21
Владивосток	732	176	18.12-19.02	14
Архангельск	549	55	08.11-23.06	51
Астрахань	214	73	-	5
Белгород	-	83	15.12-21.03	18
Владимир	-	109	24.06-06.04	44
Волгоград	-	82	14.12-20.03	-
Н.Новгород	540	72	19.11-12.04	56
Днепропетровск	491	82	25.12-03.03	15
Донецк	-	-	20.12-05.03	-
Иваново	-	77	20.11-13.04	57
Калуга	598	89	29.11-06.04	-
Самара	453	72	23.11-05.04	36
Тверь	-	70	29.11-05.04	45
Калининград	-	110	28.12-11.03	-
Курган	-	87	11.11-05.04	26
Курск	642	144	07.12-30.03	42
Краснодар	-	132	-	14
Красноярск	393	67	12.11-28.03	42
Вятка	-	61	08.11-19.04	-
Казань	481	121	18.11-11.04	-
С.-Петербург	498	76	06.12-31.03	32
Липецк	-	69	03.12-05.04	57
Москва	522	61	26.11-06.04	48
Минск	705	62	12.12-23.03	32
Новгород	492	65	06.12-04.04	-
Новосибирск	370	95	01.09-10.04	37
Омск	317	75	08.11-08.04	24
Алматы	541	74	03.12-11.03	30
Душанбе	634	83	-	8
Ташкент	389	50	-	14
Нукус	110	48	-	-
Кишинев	490	218	-	-
Каунас	-	77	30.12-15.03	16
Рига	569	61	27.12-19.03	23

По данным П.С. Кузина, многолетний водный баланс в пределах территории страны выглядит следующим образом:

	мм	км^3
осадки	400	8626
сток	18	3938
испарение	220	4690

В целом по территории страны наблюдается положительный водный баланс, что подтверждается наличием стока избыточных вод. Однако отдельные регионы территории в силу физико-географических условий могут иметь положительный или отрицательный водный баланс. Климатообразующие функции осадков в градостроительстве приведены в следующем:

Положительное влияние

Теплоизолирующие свойства:

снежный покров предохраняет почву и покрытия от промерзания

Увлажнение и накопление влаги в почвогрунтах способствуют росту зеленых насаждений и продуктивности полей

Охлаждение при увлажнении воздуха ослабляет действие радиационного тепла на человека

Отрицательное влияние

Снежные заносы на дорогах препятствуют движению, накопление снега на крышах вызывает перегрузку несущих конструкций

Переувлажнение грунтов вызывает пучинообразование в земляном полотне дорог и преждевременное его разрушение

Повышенная влажность воздуха усугубляет тепловой дискомфорт человека.

Распределение осадков по земной поверхности подчиняется ряду общих закономерностей. Так, районы, расположенные ближе к океанам, получают больше атмосферных осадков, чем глубинные районы суши [34].

По соотношению количества воды, выпадающей в осадки или идущей на испарение, можно судить об избытке или недостатке влаги в почве или в атмосфере. От полюса к экватору превышение осадков над испарением постепенно переходит в дефицит влаги. Например, в

засушливых районах Средней Азии (Кара-Калпакия, Ташаузская область, Хорезм) испарение достигает 600 - 700 мм в год за счет полива и грунтовой подпочвенной воды, поступающей через оросительную сеть, а годовое количество осадков составляет только 50 - 150 мм.

По сезонам года и месяцам осадки распределяются сравнительно равномерно. Так, на лето (июль-август) приходится около 35% годовых осадков, на осень (сентябрь-ноябрь) - 25%, весну (март-май) - 22% и зиму (декабрь-февраль) - 18%.

Снежные осадки для европейской части страны составляют в среднем около 25%, для Архангельска - 32%, С.-Петербурга - 22%, Москвы - 28%, Нижнего Новгорода - 30%, Херсона - 11% [8].

Общий запас на земном шаре определяется, по Халсфоссу, в 1 304 068 550 км^3, из которого на океаны приходится около 1 300 000 000, полярные льды - 3 500 000, моря и озера - 250 000, на реки - 50 000 и подземные озера - 250 000, на атмосферные осадки - 12 300, на болота - 6000 м, снега на поверхности суши - 250 км^3. Для характеристики снежных осадков используются следующие данные:

- высота снежного покрова, средняя из наибольших высот на зиму;
- средняя дата образования и схода снежного покрова;
- объем снегопереноса на зиму

Перечисленные данные в градостроительной практике используются для:

- прогнозирования водно-теплового режима земляных сооружений и разработки мероприятий по обеспечению их устойчивости в эксплуатации;
- планирования защиты и очистки от снежных заносов городских улиц, дорог и территорий.

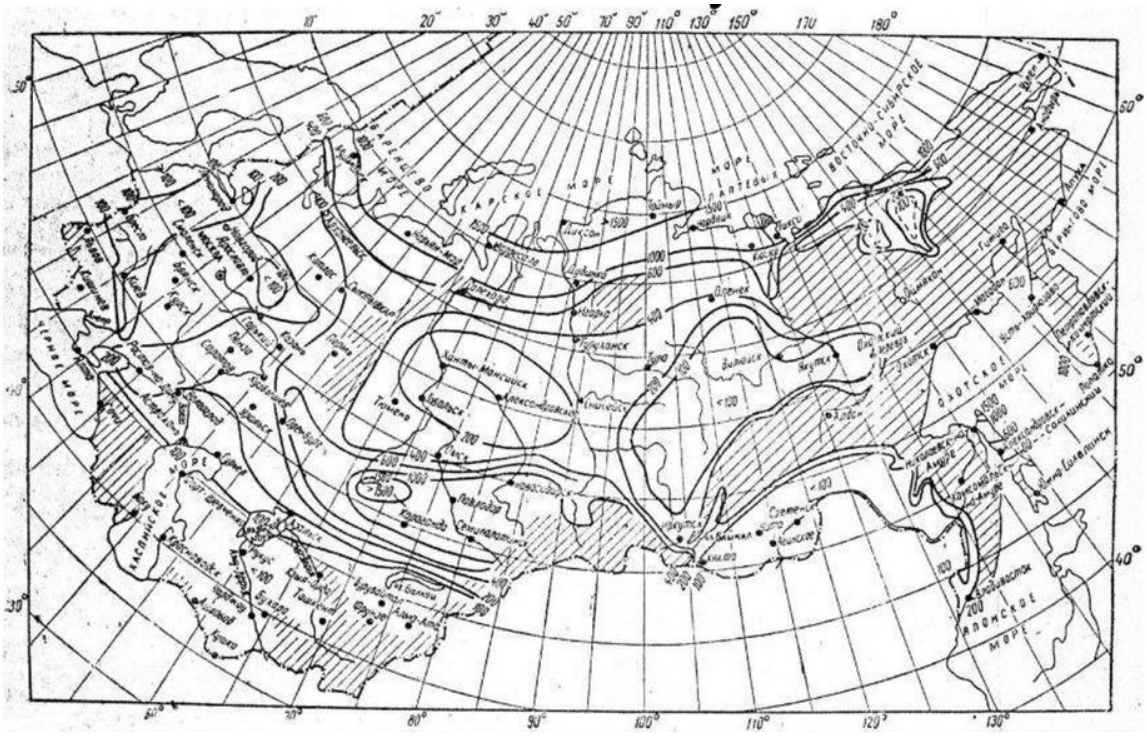


Рис.14. Карта-схема распределения объемов снегопереноса за зимний период, $м^3/м$

Влажность воздуха выражают в абсолютных (весовых) или относительных единицах (в процентах).

Абсолютной влажностью воздуха, *а* называют количество водяного пара в граммах, содержащееся в 1 $м^3$ воздуха.

Абсолютная влажность характеризуется упругостью водяного пара (парциальным давлением) *е.* Упругость водяного пара выражается в Па.

Абсолютная влажность *а* и упругость связаны зависимостью, $г/м^3$:

$$a = 106e/(1 + £\ t),$$

где *е* - упругость, мм; £ – температурный коэффициент объемного расширения воздуха, принимаемый 0,00366; *t* – температура воздуха.

Максимально возможную упругость водяного пара при данной температуре *t* называют упругостью насыщения и обозначают буквой Е. Предельное значение упругости (макс, упругость E_1, Па) соответствует максимально возможному насыщению воздуха водяным паром a_{max}

С повышением температуры воздуха повышается Е и предельное значение количества влаги в воздухе a_{max}

Отношение количества находящихся в воздухе паров к тому их количеству, которое насыщает воздух при данной температуре, называют относительной влажностью воздуха и выражают в процентах. Относительная влажность воздуха существенно влияет на тепловой обмен человека.

Нормальное самочувствие у человека обычно наблюдается при влажности воздуха 30 - 60%.

При более высокой влажности испарение влаги с поверхности кожи в воздух затрудняется и тепловой баланс нарушается, что сопровождается неприятными ощущениями.

При влажности воздуха менее 30% происходит повышенное испарение влаги с кожи и слизистых оболочек, появляется сухость во рту, на слизистых оболочках глаз и дыхательных путях [37].

При низкой температуре и высокой влажности воздуха повышается теплоотдача и человек подвергается большому охлаждению.

При высокой температуре и высокой влажности воздуха теплоотдача резко сокращается, что ведет к перегреванию организма, особенно при выполнении физической работы.

Разность $E - e = d$ называют дефицитом влажности, которую характеризуют среднесуточными, среднемесячными или среднегодовыми величинами.

Температура воздуха, при которой относительная влажность при неизменном давлении достигает максимальной величины 100%, называется точкой росы и обозначается $T_р$.

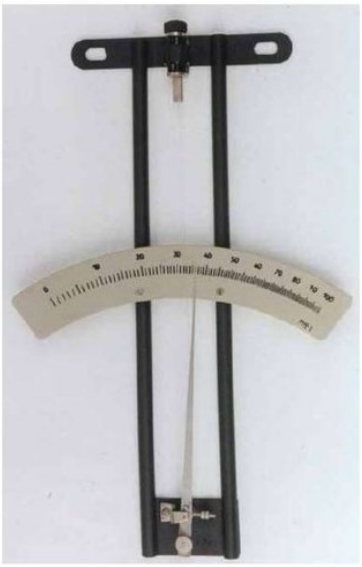
С понижением температуры ниже точки росы образующееся в воздухе излишнее количество влаги будет конденсироваться, переходя в капельножидкое состояние.

В природе это явление обычно происходит при понижении температуры в утренние часы, особенно зимой, и приводит к образованию тумана.

По температуре точки росы оцениваются теплотехнические и гигиенические качества внутренних поверхностей ограждающих конструкций зданий.

Различают также удельную влажность - количество водяного пара в г на 1 кг влажного или сухого воздуха.

Для измерения влажности используются методы: весовой - абсолютный; психрометрический, гигрометрический - по точке росы.



Психрометр стационный

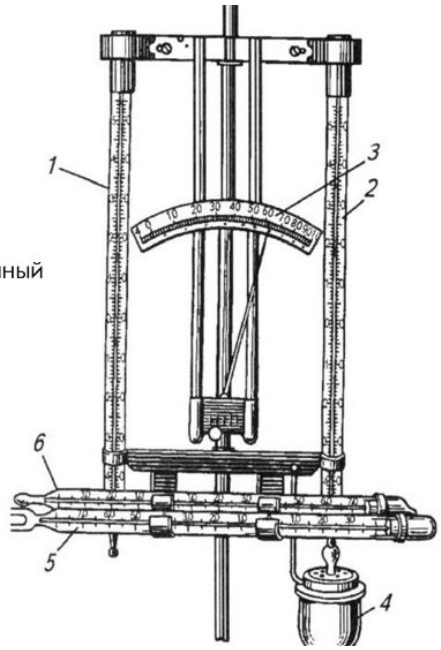


Рис.15. Стационарный психрометр 1,2- ртутные срочные метеорологические термометры; 4 - стаканчик с дистиллированной водой и батистовым лоскутом; 3 - шкала; 5,6 - термометр

Психрометрический метод основан на измерении разности температур двух срочных термометров, один из которых увлажняется, другой находится в сухом состоянии.

В метеорологической практике используются стационарные и переносные психрометры.

Стационарный психрометр представляет собой комбинацию двух срочных метеотермометров, устанавливаемых на штативе в жалюзийной психрометрической будке.

Один из термометров в нижней части соединен со стаканчиком, заполняемым дистиллированной водой, в которую опускается батистовый лоскут.

Лоскут, верхним концом обертывающий резервуар термометра, за счет поднятия воды из стаканчика увлажняет резервуар.

Интенсивность испарения с поверхности резервуара смоченного термометра находится в прямой зависимости от дефицита влажности.

В связи с потерей тепла на испарение показания температуры на смоченном термометре будут ниже, чем у сухого [63].

По разности отсчетов температур сухого и смоченного термометра определяют влажность воздуха. При этом упругость водяного пара вычисляется по психрометрической формуле:

$$e = E_1 - A(t - t_1)H,$$

где E_1 - максимальная упругость водяного пара при температуре испаряющейся поверхности - при температуре смоченного термометра; t_1 - температура влажного воздуха; t - температура сухого термометра; H - давление воздуха; A - постоянная психрометра, зависящая от скорости протекания воздушного потока у смоченного термометра и конструктивных особенностей прибора.

Станционный психрометр при скорости протекания воздуха 0,8 м/с имеет характеристику А = 0,0007947. Пользование психрометром возможно лишь при температуре выше -5°С.

Аспирационный психрометр обычно используется для наблюдения за влажностью воздуха в полевых условиях.

Основанный на том же принципе действия, что и станционный, аспирационный психрометр за счет конструктивного усовершенствования обеспечивает постоянную скорость движения воздушного потока (2 м/с) около резервуаров термометра, заключенных в металлические трубки [61].

Аспиратор, действующий от пружинного механизма с заводным ключом в головке прибора, через центральную и боковые нижние трубки втягивает воздух, создавая постоянную скорость потока при обтекании резервуаров обоих термометров.

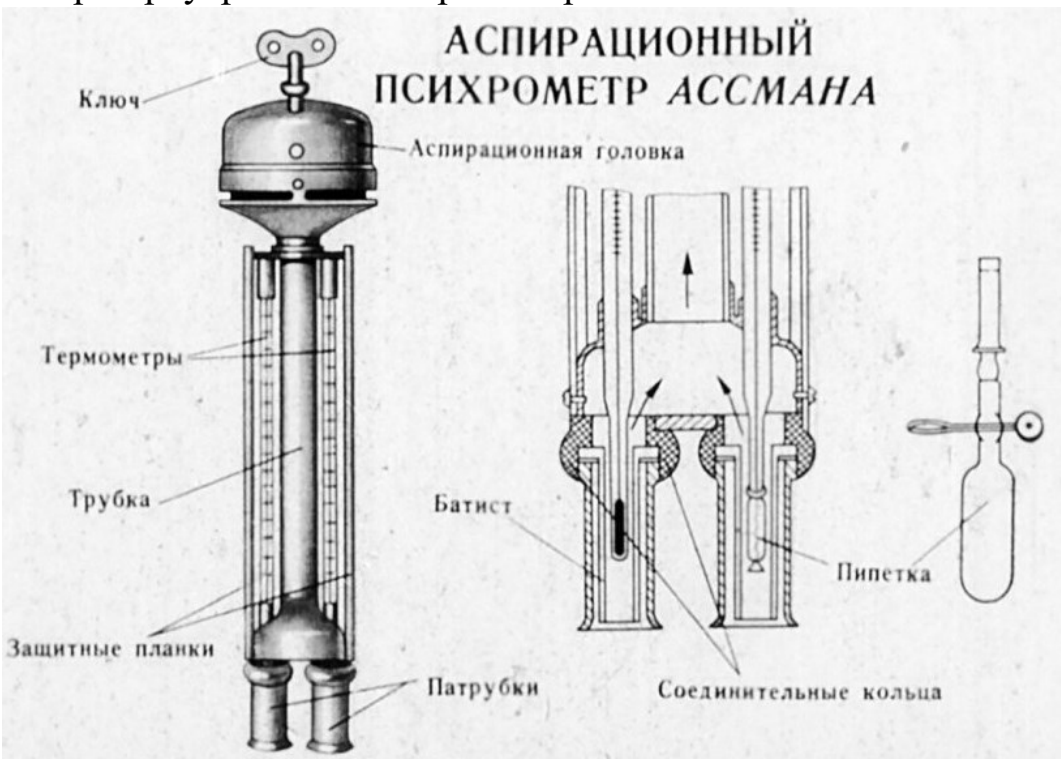


Рис.16. Аспирационный психометр Ассмана

Влажность вычисляется по формуле, в которой коэффициент А = 0,000662.

Для вычисления относительной влажности по показаниям аспирационного психрометра пользуются психрометрическими таблицами или графиками, составленными для станционных психрометров.

Волосной гигрометр МВ-1 основан на свойстве обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину в зависимости от изменения влажности воздуха, он весьма прост в применении, определяет относительную влажность с точностью до 1% и может использоваться для измерения влажности при температурах ниже -5°С.

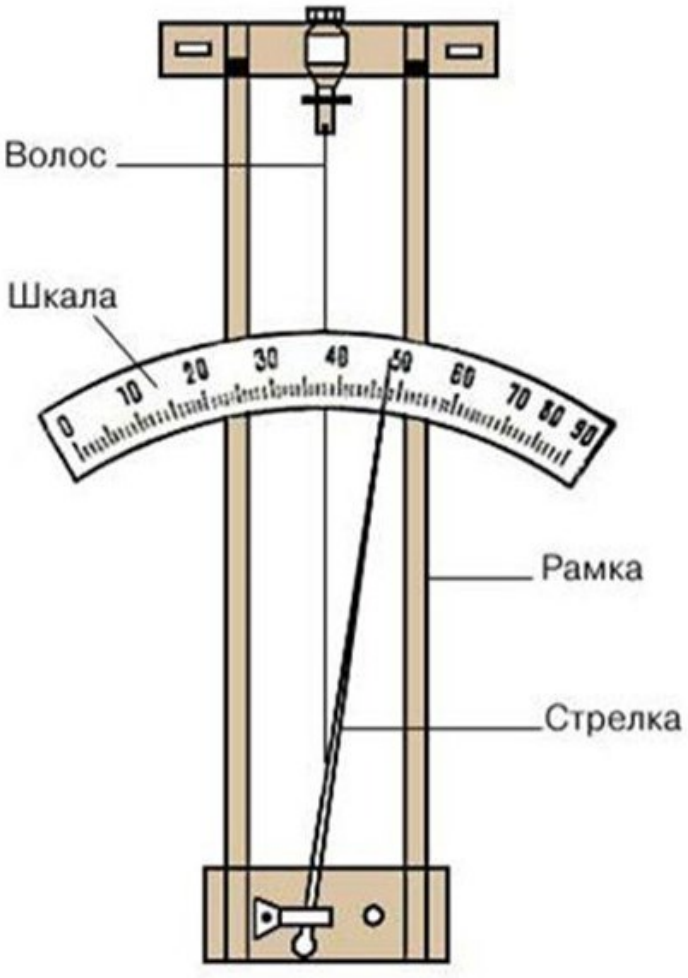


Рис. 17. Волосяной гигрометр

Вместо волосного в последнее время применяют более совершенный пленочный гигрометр М-39, в котором волос заменен синтетической пленкой.

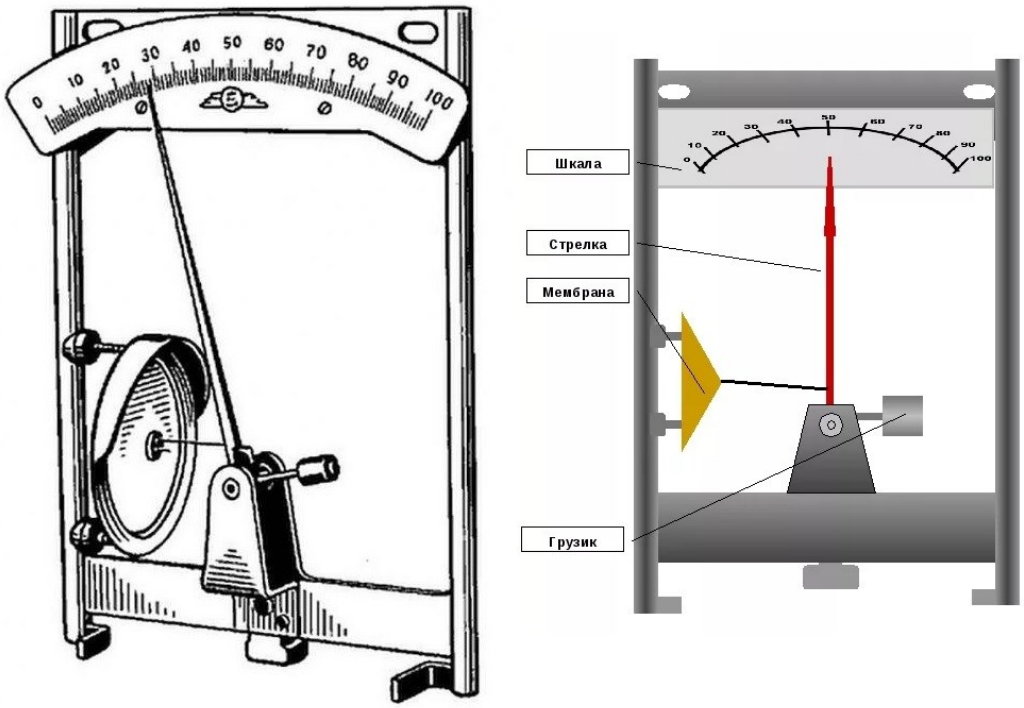


Рис. 18. Пленочный гигрометр

Гигрограф является регистрирующим волосным гигрометром, в котором приемной частью служит пучок, состоящий примерно из 40 обезжиренных волос (или пленки), натянутых на рамку.

На рисунке представлены различные приборы, используемые для измерения абсолютной и относительной влажности воздуха.

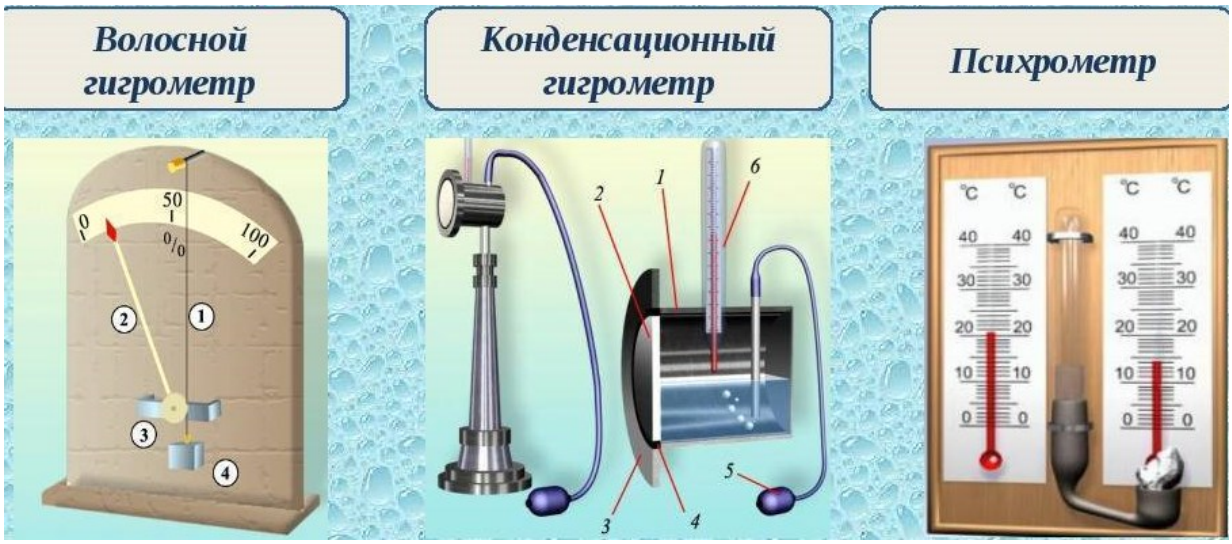


Рис. 19. Приборы для измерения относительной влажности воздуха

Темы докладов и сообщений

1. Температурный режим России
2. Анализ географических закономерностей, экстремальных значений и степени континентальности климата.
3. Влажность воздуха: от точки росы до дискомфорта.
4. Методы и приборы для измерения
5. Физические характеристики влажности (абсолютная, относительная, дефицит).
6. Влияние на самочувствие человека и принцип работы психрометра и гигрометра.
7. Водный баланс территории: осадки, испарение, сток.
8. Проблемы засухи и переувлажнения
9. Анализ уравнения влагооборота.
10. Практическое значение данных об осадках и снежном покрове для сельского хозяйства и строительства.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные закономерности изменения температуры воздуха на территории России.
2. Где расположены «полюс холода» и самая тёплая область, согласно тексту, и каковы их ключевые температурные характеристики?
3. Какими показателями характеризуется температурный режим воздуха в годовом разрезе?
4. Как по годовому и суточному ходу температуры определяют степень континентальности климата? Приведите пример рекордной суточной амплитуды.
5. Перечислите не менее пяти областей практического использования данных о температурном режиме приземной атмосферы.
6. От чего в прямой зависимости находится глубина промерзания грунтов?
7. Как географически меняется глубина промерзания глинистых и суглинистых грунтов на территории страны?
8. Почему авторы отмечают, что для земного шара в целом это уравнение «не является строгим математически» в годовом балансе?
9. Где на планете выпадает наибольшая и наименьшая доля осадков?

10. Дайте определения следующим характеристикам: абсолютная влажность, упругость (парциальное давление) водяного пара, относительная влажность, точка росы.

11. Каков диапазон относительной влажности, комфортный для человека, и что происходит при его нарушении?

12. Опишите принцип действия психрометра и волосного (пленочного) гигрометра.

13. В чём заключается основное конструктивное отличие аспирационного психрометра Ассмана от стационарного, обеспечивающее бóльшую точность?

14. Какие общие закономерности распределения осадков по земной поверхности указаны в тексте?

15. Перечислите положительные и отрицательные влияния атмосферных осадков (включая снежный покров) на городскую среду и инженерные сооружения.

16. Для решения каких практических градостроительных задач используются данные о снежном покрове (высота, даты, объём переноса)?

17. Какие основные типы термометров (по принципу фиксации значений) используются для измерения температуры воздуха и почвы?

18. Какой прибор применяется для непрерывной фиксации хода температуры во времени?

Глава 7. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ. ОБЛАЧНОСТЬ

7.1. Атмосферное давление

Атмосферное давление - один из важных климатообразующих факторов, резкие изменения которого приводят к изменениям погоды и существенно влияют на живые организмы и самочувствие человека.

Под атмосферным давлением понимают гидростатическое давление, выражаемое весом атмосферного столба над любой точкой земной поверхности.

С высотой столб воздуха уменьшается, а, следовательно, уменьшается и атмосферное давление.

За нормальное принимается атмосферное давление на уровне моря при температуре воздуха 0°С на широте 45°С, которое уравновешивается ртутным столбом высотой 760 мм.

Международной единицей давления является паскаль (1 мм рт. ст. = 133,322 Па; 1 атм. = 101325 Па; 1 кгс/см^2 = 98066,5 Па).

Атмосферное давление колеблется в широких пределах по причине неравномерности нагрева атмосферы от земной поверхности.

При понижении температуры воздуха увеличивается его плотность, а, следовательно, и атмосферное давление.

С нагревом воздуха от земли происходит его разрежение, давление падает [23].

Разность давлений на смежных пространствах приводит к перемещению воздушных масс между ними. Так возникают ветры и атмосферные конвекции, вертикальные перемещения воздушных масс с одних высот на другие. Воздух более теплый и менее плотный, чем окружающая атмосфера, перемещается вверх, а воздух более плотный и более холодный - вниз.

Изменение давления с высотой в связи с уменьшением веса атмосферного столба характеризует с помощью так называемой барометрической ступени, под которой понимают вертикальное смещение относительно земной поверхности, соответствующее изменению давления воздуха на 1 мб.

У поверхности земли на уровне моря барометрическая ступень составляет около 8 м и увеличивается с высотой. Основанное на этом

барометрическое нивелирование дает возможность определить высоты точек местности относительно уровня моря по показателям барометра.

Изменение давления в течение суток зависит главным образом от суточных колебаний температуры. Так, в тропическом поясе разница давлений днем и ночью достигает 3 - 4 мб, в направлении полюсов уже на широтах 60° (южной и северной) колебания давления составляют десятые доли миллиметра.

В сезонных циклах происходят более резкие колебания воздуха. Наиболее высокое давление на материках Северного полушария наблюдается зимой, летом здесь держится больше низкое давление. Разница в давлении над сушей и водными акваториями происходит вследствие различной степени их нагрева и охлаждения. Летом (особенно днем), когда, суша сильно нагрета, море продолжает оставаться холодным. Зимой (или ночью летом), наоборот, суша успевает охладиться, а море продолжает быть теплым.

Разница в нагреве между морями, океанами и материками обусловливает разницу в давлении воздуха над ними при одинаковом количестве солнечного тепла, поступающего на их поверхность в единицу времени.

Распределение давления в атмосферном пространстве тропосферы характеризуется областями повышенного и пониженного давления и изображается с помощью так называемых изобарических поверхностей, или барического рельефа. Это поверхности равного атмосферного давления, представляющие на чертеже рельеф в миллибарах, подобно тому, как линии равных высот - горизонтали изображают рельеф поверхности земли в высотных отметках [31].

Атмосферное давление обычно изменяют с помощью жидкостных барометров или металлических барометров-анероидов. Иногда используются гипробарометры (термобарометры), действие которых основано на зависимости точки кипения от внешнего давления.

7.2. Ветровой режим

Вследствие неравномерного горизонтального распределения давления, обусловленного неравенством температур в атмосфере, возникают ветры - перемещения воздушных масс по земной поверхности из области с высоким давлением в область с низким давлением.

Наряду с температурой и влажностью воздуха ветер является одним их главных климатообразующих факторов, обусловливающих изменения погоды на местности.

Повышенные температура и влажность воздуха при штилевой погоде создают дискомфортные условия в среде обитания человека.

Для устранения дискомфортности необходима аэрация территории.

В зимнее время при низких температурах ветер усугубляет ощущение холода и тем самым усиливает дискомфорт в окружающей среде. Перемещения больших масс и холодного воздуха от морей и океанов в глубь континентов вызывают большие колебания в температуре приземных слоев и служб первопричиной изменения погодных условий [60].

Ветер как фактор, влияющий на планировку и застройку городов, учитывается при решении вопросов (табл.5).:

- аэрации или защиты городских территорий от неблагоприятных явлений, связанных с воздушными течениями;
- теплотехнических расчетов ограждающих конструкций, стен, зданий и сооружений, расчетов по микроклимату жилой среды;
- определения давления на сооружения, здания и электропровода в расчетах на их прочность и устойчивость;
- определения снежных заносов на дорогах, улицах, городских территориях и мер по их уборке и расчистке.

Таблица 5

Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта и визуальной оценке (на высоте 10 м от поверхности суши)

Определение ветра	Скорость ветра, м/с	Действие ветра
0 - штиль	0-0,2	Штиль. Дым поднимается вертикально
1 - тихий	0,3-1,5	Виден относ дыма не по флюгеру
2 – легкий	1,6-3,3	Движение ветра ощущается лицом, шелестят листья, приводится в движение флюгер
3 - слабый	3,4-5,4	Листья и тонкие ветви деревьев все время колышутся, ветер развевает вверх флаги

4 - умеренный	5,5-7,9	Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев
5 - свежий	8-10,7	Качаются тонкие стволы деревьев, на воде появляются волны с гребнями
6 - сильный	10,8-13,8	Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода
7 - крепкий	13,9-17,1	Качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно
8 - очень крепкий	17,2-20,1	Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно
9 - шторм	20,8-24,4	Небольшие повреждения, ветер срывает дымовые колпаки и черепицу
10 - сильный шторм	24,5-28,4	Значительные разрушения строений, деревья вырываются с корнем. На суше бывает редко
11 - жесткий шторм	28,5-32,6	Большие разрушения на значительном пространстве. На суше наблюдается очень редко
12 - ураган	32,7 и более	Сплошные разрушения

Основными характеристиками ветрового режима являются скорость, сила и направление ветра.

По скорости ветра, выражаемой в м/с или км/ч (в навигации в узлах), судят о силе ветра и возможных последствиях его действия на земной поверхности.

Для визуальной оценки силы ветра (по скорости) используется условная 12-балльная шкала Бофорта (табл.).

За направление ветра принимается название части света, откуда дует ветер.

Фиксируется направление ветра азимутом или румбами.

Ниже приводятся обозначения (русские и английские) и названия румбов для розы ветров:

С ← (N)	север
ССВ ← (NNE)	север - северо-восток
СВ ← (NE)	северо -восток
ВСВ ← (ENE)	восток – северо - восток
В ← (E)	восток
ВЮВ ← (ESE)	восток – юго - восток
ЮВ ← (SE)	юго - восток
ЮЮВ ← (SSE)	юг - юго-восток

Ю ← (S)	юг
ЮЮЗ ← (SSW)	юг- юго -восток
ЮЗ ← (SW)	юго - запад
ЗЮЗ ← (WSW)	запад – юго - запад
З ← (W)	запад
ЗЕЗ ← (WW)	запад - северо-запад
СЗ ← (NW)	северо - запад
ССЗ ← (NNW)	север – северо - запад

Графическое изображение режима ветра в данном месте называют розой ветров.

Розы ветров обычно строятся по многолетним данным наблюдений за скоростью и направлением ветров.

На графике по 8 или 16 румбам откладывают в выбранном масштабе в виде векторов значения повторяемости (в % общего числа наблюдений) направлений или значения средних и максимальных скоростей ветра, соответствующие каждому румбу.

Концы векторов соединяют ломаной линией.

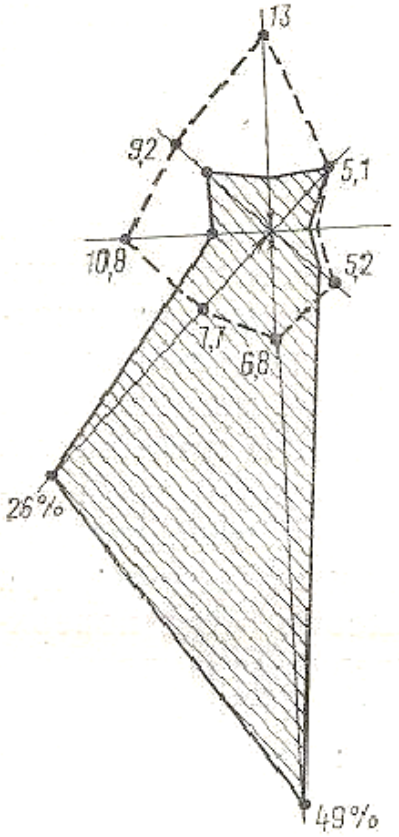


Рис.20. Роза ветров и данные для ее построения: по скорости, м/с; по повторяемости направления ветра, %

Таблица 6

Показатели для построения розы ветров

Показатели	Ориентация							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Скорость ветра, м/с	13	5,4	3	5,2	6,8	7,7	10,8	9,2
Повторяемость направления ветра, %	5	6	2	3	49	26	5	4

Такие розы ветров обычно строятся для месяца, сезона, года и называются соответственно месячными, сезонными и годовыми.

Используются они в градостроительном проектировании при расчетах аэрации жилой застройки, защиты ее от вредных газовых выбросов и аэрозолей промышленных производств.

Приближенная оценка теплового состояния человека в зависимости от климатической зоны (погодных условий) и скорости ветра представлена в таблице 7.

Таблица 7

Общая оценка скорости ветра по тепловым ощущениям человека (по В.К. Лицкевичу)

Климат (зоны)	Скорость ветра, м/с		
	1 - 3	3 - 4	5 и более
Холодный и суровый	Неблагоприятная в зимний период	Неблагоприятная в зимний период	Неблагоприятная во всех зонах
Умеренный и теплый	То же	То же	То же
Очень теплый и жаркий	Благоприятная	Благоприятная в условиях жаркого климата с нормальной и повышенной влажностью	-

Для общей оценки температурно-ветрового режима и учета его при градостроительном проектировании В.К. Лицкевич разработал и рекомендует к использованию «График воздействия ветра и температуры воздуха на жилую среду» (рис.21).

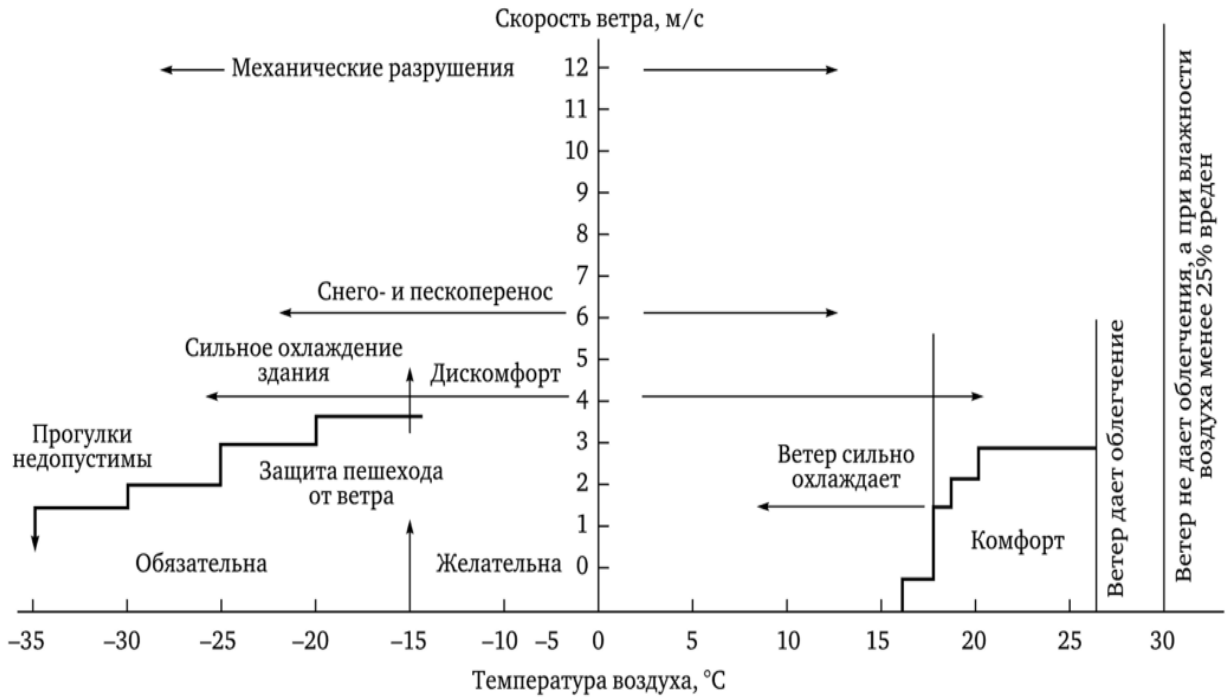


Рис.21. График воздействия ветра (м/с) и температуры воздуха (°С) на жилую среду

Из графика видно, что при любой температуре воздуха ветер со скоростью более 4 м/с вызывает дискомфорт для пешехода, при скорости более 6 м/с начинается перенос снега и песка, а при 12 м/с и более могут разрушаться строения и сооружения.

При температуре 0°С и относительной влажности воздуха более 70% любой ветер дискомфортен для человека.

Оценка погодно-климатических условий местности по температурно-ветровому режиму позволяет прогнозировать надлежащий микроклимат средствами планировки, застройки и благоустройства селитебных территорий.

В строительном проектировании нередко возникает необходимость расчета сооружений (зданий, ферм, мостов, матч) на устойчивость от ветрового воздействия [18].

Наблюдения за скоростью ветра и направлением ветра обычно ведут с помощью флюгера Вильда, анемометров, флюгеров, ветровых конусов и других более сложных (включая электрические) регистрирующих приборов.

Наблюдения и записи по режиму ветра обычно ведутся по направлениям 16 румбов, а розы ветров строятся по 8 румбам. При

этом показатели наблюдений скоростей по направлениям промежуточных (трехрумбовых) румбов распределяются поровну между соседними двухбуквенными румбами.

При наблюдениях за скоростью и направлением ветра одновременно фиксируется характер ветра [30].

По характеру ветра различают: постоянный (по направлению), меняющийся, ровный, порывистый.

На рисунке представлены карты-схемы распределения средней скорости и преобладающих направлений ветра на территории страны.

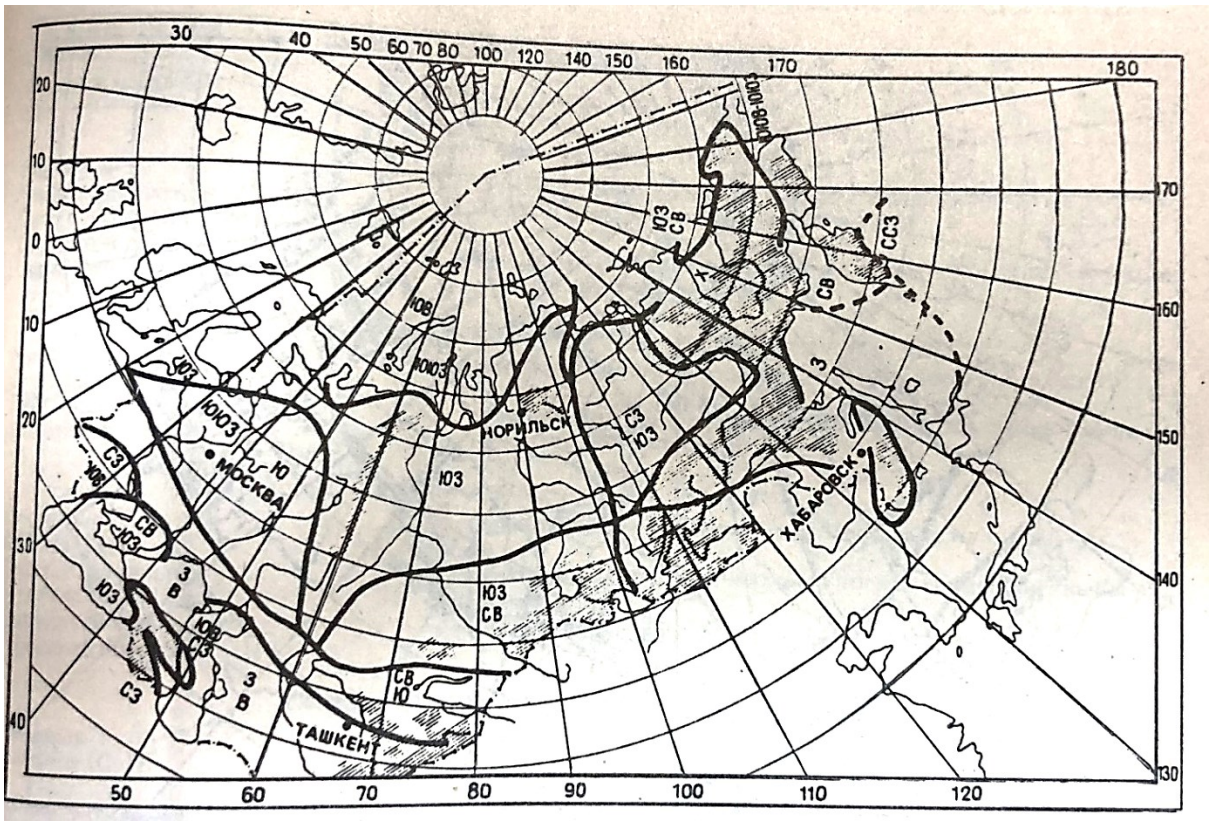


Рис.22. Карта-схема распределения средних скоростей ветра

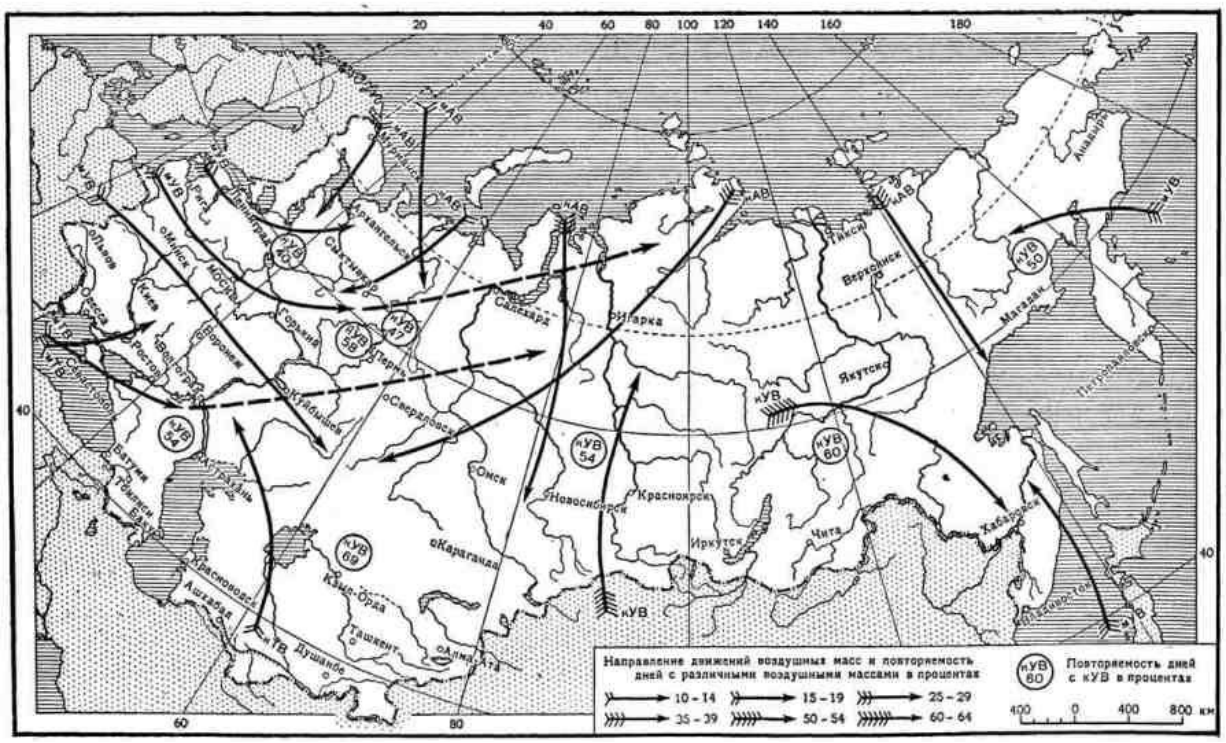


Рис.23. Карта-схема преобладающих направлений ветра со скоростью 10 м/с и более А - январь; Б - июль; Х - данные отсутствуют; СЗ/ЮЗ – направление ветра - заштрихованы горные районы

7.3. Облачность

Конденсация водяного пара вследствие понижения температуры и скопления его на некоторой высоте от земной поверхности приводит к образованию облаков.

Сгущение водяного пара непосредственно у земной поверхности приводит к образованию тумана.

Облака являются источником, переносчиком и распределителем атмосферных осадков.

Солнечное радиационное тепло частично отражается от облаков в космическое пространство, частично проходит сквозь них, падая на землю в виде рассеянной радиации [12].

Облачный покров задерживает тепловое противоизлучение земной поверхности, образуя парниковый эффект.

Облака - это существенный погодообразующий фактор, определяющий формирование и режим осадков, влияющий на тепловой режим атмосферы и земной поверхности. Они покроют около половины небосвода Земли и содержат при этом до 10^9 т воды. Зимой, особенно

в ночное время, облака, ограничивая противоизлучение земной поверхности, препятствуют ее охлаждению. Летом в течение дня облака ослабляют нагревание земной поверхности солнечными лучами, смягчая климат внутри материков.

Для определения истинного количества тепла, падающего на земную поверхность, и особенно для инсоляционных расчетов, весьма важно знать количество облаков и характер облачности, ее форму, скорость движения и высоту нижней границы.

Количество облаков, или облачность, характеризуется степенью покрытия небосвода облаками (табл.8).

Таблица 8

Международная классификация облаков

Форма и название	Характеристика
Облака верхнего яруса (H <6 км)	
Перистые	Белые, тонкие, волокнистые, без полей, нитевидные
Перисто-слоистые (Cirro-Stratus; Ci)	Тонкая, прозрачная, беловатая пелена
Перисто-кучевые (Cirro-Cumulus; Cc)	Мелкие полупрозрачные шарики, хлопья или складки, распложенные группами или рядами
Облака среднего яруса (2 км км)	
Высококучевые (Altocumulus; Ac)	Полосы, гряды или слои с просветами белого или серого цвета
Высокослоистые (Altostratus; As)	Сплошной ровный или волокнистый покров серого или синеватого цвета
Облака нижнего яруса (H <2 км)	
Слоистые (Stratus; St)	Однорядный слой серого цвета (похожий на туман)
Слоисто-кучевые (Strato- cumulus; Sc)	Крупные низко расположенные волны, гряды или глыбы сероватого цвета
Слоисто-кучевые (Nimbo-stratus; Ns)	Бесформенный сплошной серый покров
Облака вертикального развития (1 км <H<6 км|	
Кучевые (Cumulus; Cu)	Плотные, отдельно расположенные, разбитые по вертикали, с белыми куполообразными вершинами и плоскими сероватыми основаниями
Кучево-дождевые (Cumulonivbus; Cb)	Мощные образования в виде гор и башен, верхняя часть которых иногда напоминает наковальню

Оценка облачности производится визуально по 10-балльной системе, в которой 0 баллов соответствует безоблачному небу, 10 баллов - полному покрытию небосвода облаками.

Для характеристики формы облаков используется международная классификация (табл.).

Облака в вертикальном разрезе делятся по ярусам:

- верхний - на высоте более 6 км;
- средний – 2 - 6 км;
- нижний - на высоте менее 2 км.

Наблюдения за направлением и скоростью движения облаков ведутся с помощью специальных приборов - нефоскопов.

Высота облаков определяется с помощью шаров-пилотов, прожекторов, радиолокаторов.

Результаты наблюдений записываются дробью, в которой числитель - общее количество облаков, знаменатель - количество нижних облаков.

В том же виде ведется запись в журнале наблюдений за формой облаков.

Например, запись

$$5 \,/\, 2\,\frac{C_i C_S}{Cu}$$

обозначает: общее количество облаков 5 баллов; облака по форме C_i (перистые) и C_s (перисто-слоистые); количество нижних кучевых (*Cu*) облаков - 2 балла.

Там же фиксируются условными обозначениями погодные условия: наличие солнца, дождя, ветра и других атмосферных явлений, отмечается их интенсивность [47].

Последняя отмечается цифрами в виде степени к соответствующему условному обозначению. Например, 0 будет означать малую степень интенсивности, 2 - значительную степень. При слабом просвечивании солнечных лучей через облака в журнале наблюдений после оценки облачности ставится знак 0°.

Темы докладов и сообщений

1. Атмосферное давление: физическая сущность, измерение и влияние на погоду и человека

2. Ветер — движущая сила атмосферы: причины возникновения, характеристики и методы изучения

3. Шкала Бофорта: история создания и её роль в визуальной оценке силы ветра

4. Роза ветров как инструмент анализа и планирования в градостроительстве и экологии

5. Ветровой режим и комфорт городской среды: проблемы аэрации и ветрозащиты

6. Классификация облаков: от перистых до кучево-дождевых, их формы и метеорологическое значение

7. Облачность и её роль в формировании климата: радиационный баланс и режим осадков

8. Методы и приборы для наблюдения за атмосферным давлением, ветром и облачностью

9. Влияние ветра на строительство и эксплуатацию зданий и инженерных сооружений

10. Синоптический анализ: как взаимосвязаны давление, ветер и облачность в прогнозах погоды

Контрольные вопросы

1. Дайте определение атмосферного давления.

2. Что принимается за нормальное атмосферное давление и в каких единицах оно выражается?

3. Как называется изменение давления с высотой и что такое «барометрическая ступень»?

4. Почему атмосферное давление неравномерно распределено по земной поверхности?

5. Объясните причину возникновения ветра, используя понятия областей высокого и низкого давления.

6. Как разница в нагреве суши и моря влияет на сезонные и суточные колебания давления?

7. Назовите три основные характеристики ветрового режима.

8. Для чего используется шкала Бофорта и как она организована (количество баллов, принцип оценки)?

9. Что такое роза ветров и как она строится?

10. Для каких целей в градостроительстве используются месячные, сезонные и годовые розы ветров?

11. Расшифруйте запись «ЮЮВ» для направления ветра.

12. Как ветер влияет на тепловые ощущения человека в зависимости от климатической зоны (холодной, жаркой)?

13. Перечислите не менее четырёх градостроительных вопросов, при решении которых учитывается ветровой режим.

14. Какие приборы используются для измерения атмосферного давления (назовите не менее двух типов)?

15. С помощью каких приборов обычно ведут наблюдения за скоростью и направлением ветра?

16. Что фиксируется, помимо скорости и направления, при наблюдениях за ветром?

17. По какому принципу (признаку) облака делятся на ярусы?

18. Назовите три яруса и укажите их высотные границы.

19. Приведите по одному примеру формы облаков для каждого яруса согласно международной классификации.

20. Какое влияние оказывает облачный покров на радиационный и тепловой режим у земной поверхности зимой и летом?

21. Как облака связаны с выпадением атмосферных осадков? Что такое облачность и как она оценивается?

22. Как записываются результаты наблюдений за облачностью (форма и количество)?

23. Расшифруйте условную запись: 7/3 (As Cu)/Sc.

24. Какими приборами определяют высоту, направление и скорость движения облаков?

25. Почему для градостроительных и инсоляционных расчетов важны данные не только о количестве, но и о характере облачности (форма, высота)?

26. Как наличие облаков может влиять на планировку зданий и размещение функциональных зон в городе с точки зрения инсоляции и теплового комфорта?

Глава 8. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

8.1. Общие и комплексные показатели для зонирования и климатического районирования

Для характеристики климатических особенностей ландшафтной зоны или географического региона и оценки местных погодных условий в метеорологической практике обычно используются общие и комплексные показатели.

К общим показателям относятся характеристики таких погодных элементов, как температура воздуха, атмосферное давление, ветер, влажность, облачность, осадки и др.

Для практических целей многолетние наблюдения за отдельными метеорологическими элементами сводятся в ряды, обрабатываются и представляются в виде климатических показателей в средних значениях, амплитуд колебаний, климатической нормы и экстремальных значений.

Средние значения метеорологического элемента, полученные из ряда наблюдений за сутки, месяц или год, называются соответственно среднесуточными и среднегодовыми [54].

Средние показатели из многолетнего ряда наблюдений, порядка 30 лет и более, обычно называют климатической нормой.

Многолетние характеристики атмосферных явлений обычно выражаются средним числом дней повторения того или иного элемента, например, грозы, тумана, осадков, гололеда и т.п.

Точность, достоверность и сравнимость средних характеристик климата обеспечиваются только однородными рядами наблюдений. Метеорологические наблюдения за достаточно длительный срок считаются однородными, если проводились со строгим соблюдением установленных правил и без существенных изменений в окружающей обстановке.

Характеристикой крайних значений метеоэлементов в климатологии принято считать:

- абсолютные экстремумы - максимум и минимум показателя, зафиксированные хотя бы один раз за длительный период наблюдений;
- средние из годовых экстремальных величин;

• средние экстремумы за месяц - средние значения из максимумов и минимумов за каждые сутки.

По абсолютным экстремумам метеоэлементов судят о климатических контрастах в отдельных зонах на земной поверхности.

Амплитудой колебаний метеоэлементов называется разность из максимальных и минимальных значений.

Вычисленная по абсолютным экстремумам амплитуда называется абсолютной.

Амплитуда, полученная по разности между средними максимальными и минимальными суточными показателями элементов, называется среднесуточной.

Наиболее часто для характеристики резкости изменения климата используется амплитуда температуры воздуха в суточном или годовом разрезе - разность между средними и экстремальными значениями, например, самого жаркого (июля) и самого холодного (января) месяцев.

В таблице приводятся характерные данные в годовом разрезе по температуре воздуха для трех пунктов (Оймякон, С.-Петербург, Найроби) [70].

Повторяемость метеоэлементов и атмосферных явлений характеризуется дифференциально кривыми распределения частоты элемента или явления и широко используется в практике для расчета, например, ветровых и снеговых нагрузок на сооружения или вероятности осадков выше заданного количества или нормы (табл. 9).

Таблица 9

Характеристики температуры воздуха, °С

Пункт	Средняя температура		Средние абсолютные экстремумы		Абсолютные экстремумы	
	января	июля	макс.	мин.	макс.	мин.
Оймякон	-50	14,5	30	-64	33	-70
С.-Петербург	-7,7	17,8	30	-26	33	-36
Найроби	17,8	14,9	-	-	31	5

Объединение двух или более метеорологических показателей в один для характеристики их совокупного действия на местность или объект называют комплексным климатическим показателем.

В метеорологии и прикладной климатологии используется ряд комплексных показателей. Одним из них является термическая роза ветров.

Графически роза представляется как средняя температура воздуха за время ветра по каждому из восьми румбов. С помощью термической розы ветров определяются направления ветра, с которыми связаны потепления или похолодания на местности. Иногда с направлением ветров связывают среднее количество осадков или среднюю влажность воздуха. Это дает возможность выявить направления воздушных потоков, с которыми связаны наибольший и наименьший переносы влаги или снега.

Весьма широкое распространение для определения комплексных климатических показателей получил метод числовых характеристик - индексов и температурных шкал.

Так, М.И. Будыко предложил индекс сухости

$$k_c = R/Lr,$$

где R - радиационный баланс; г – годовое количество осадков; L - скрытая теплота парообразования (Lr - тепло, необходимое для испарения годового количества осадков).

Величина k_c, будучи минимальной на севере (в тундре менее 0,35), возрастает к югу, достигая максимума 3,4 в пустыне.

Гидротермический коэффициент (индекс) Селянинова представляется формулой:

$$k_r = 10\ r / \sum t,$$

где г - сумма осадков за период с температурой воздуха выше 10°С, мм; $\sum t$ - сумма температур воздуха за тот же период, град.

Этот индекс характеризует степень увлажнения (влагообеспеченность) территории.

При этом считается, что расход влаги на испарение в теплое время года приближенно равен сумме среднемесячных температур, уменьшенной в 10 раз.

Метод температурных шкал в получении комплексных показателей базируется на понятиях эквивалентной или эффективной температуры.

Американским обществом по отоплению и вентиляции дается такое определение «эффективной температуры»: «произвольный (условный) показатель, сводящий в одно целое эффект воздействия температуры, влажности и движения воздуха на ощущение тепла или холода человеческим организмом».

Численное значение показателя при этом берется по температуре неподвижного, насыщенного воздуха, которая вызывает идентичные ощущения у человека.

Профессор К. Брукс (США) определяет тот же показатель как «температуру неподвижного насыщенного воздуха, которая вызывает у сидящего работающего человека, одетого в обыкновенное платье, ощущение жары или холода, эквивалентное ощущению одновременного воздействия на него действительных температуры, влажности и движения воздуха».

Как видно из определения, в основу показателя положены тепловые ощущения человека, в силу чего этот показатель называют также гигиеническим и биоклиматическим [16].

В связи с этим наши градостроители, гигиенисты и климатологи определяют эквивалентно-эффективную температуру как температуру, которая при штиле и относительной влажности 100% дает такое же тепло ощущение, как и при сочетании отдельных значений температуры, относительной влажности и скорости ветра.

Комбинацией значении температуры, влажности и ветра, соответствующих эффективной температуре от 16,7 до 20,6°С, определяют условия, при которых большинство людей чувствуют себя наиболее комфортабельно.

Амплитуда эффективной температуры в названных пределах именуется «зоной комфорта» для человека. За пределами указанных величин эффективных температур образуются дискомфортные условия в жизненной среде, улучшению которых призваны служить средства планировки и благоустройства территорий.

В отличие от «эффективной температуры по теплоощущениям человека» сотрудниками Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова (Л.Е. Анатольская, Л.О. Гандин) вводится понятие «эффективной температуры по теплопотерям объекта», под которым разумеется отапливаемое здание или сооружение.

В этом случае эффективной называют температуру наружного воздуха, при которой в условиях штиля и при отсутствии коротковолновой радиации тепловые потери объекта были бы такими, как при данной температуре воздуха, данной скорости ветра и данном значении потока суммарной радиации.

8.2. Физико-географическое районирование территории

Зональность и законы распределения ландшафтов по суше и на Земле были впервые сформулированы В.В. Докучаевым (1898), развиты, дополнены и доведены до прикладного значения его последователями А.И. Воейковым, Л.С. Бергом, А.А. Григорьевым, Б.П. Алисовым и др.

Согласно учению о географических ландшафтах Докучаева и Берга, вследствие неравномерного распределения солнечной лучистой радиации по земной поверхности происходит дифференциация геосистем.

При этом от экватора в строну северного и южного полюсов поясами, зонами и подзонами наблюдается закономерная последовательная смена географических ландшафтов, каждому из которых присущи типические особенности составляющих ее природных компонентов и процессов, свой тип исторически сложившихся между ними природных территориальных взаимосвязей и господствующий тип их сочетаний [35].

В связи с этими и на основании климатической классификации Б.П. Алисова и физико-географическом атласе мира введено 13 географических поясов. Это экваториальный (средний, центральный) пояс и шесть других (по два для обоих полушариев) полюсов: субэкваториальный, тропический, субтропический, умеренный, субполярный, полярный.

Внутри их, в свою очередь, выделяются подпояса или полосы с характерными для них природно-климатическими условиями и сочетаниями климатических элементов.

В качестве количественной характеристики физико-географической зоны или пояса используется гидротермический показатель - соотношение радиационного тепла и влаги у земной поверхности.

С помощью этого показателя уточняются границы зон и вероятные сочетания климатических показателей. Так, при значениях радиационного индекса сухости Будыко менее 1 (избыточное увлажнение) превалируют влажные зоны лесов, лесотундры; при значениях более 1 (недостаточное увлажнение) - сухие зоны степей, полупустынь; при значениях близких к 1 (оптимальное увлажнение), - зоны и подзоны лесостепей, лиственных и светлых лесов, влажных саванн.

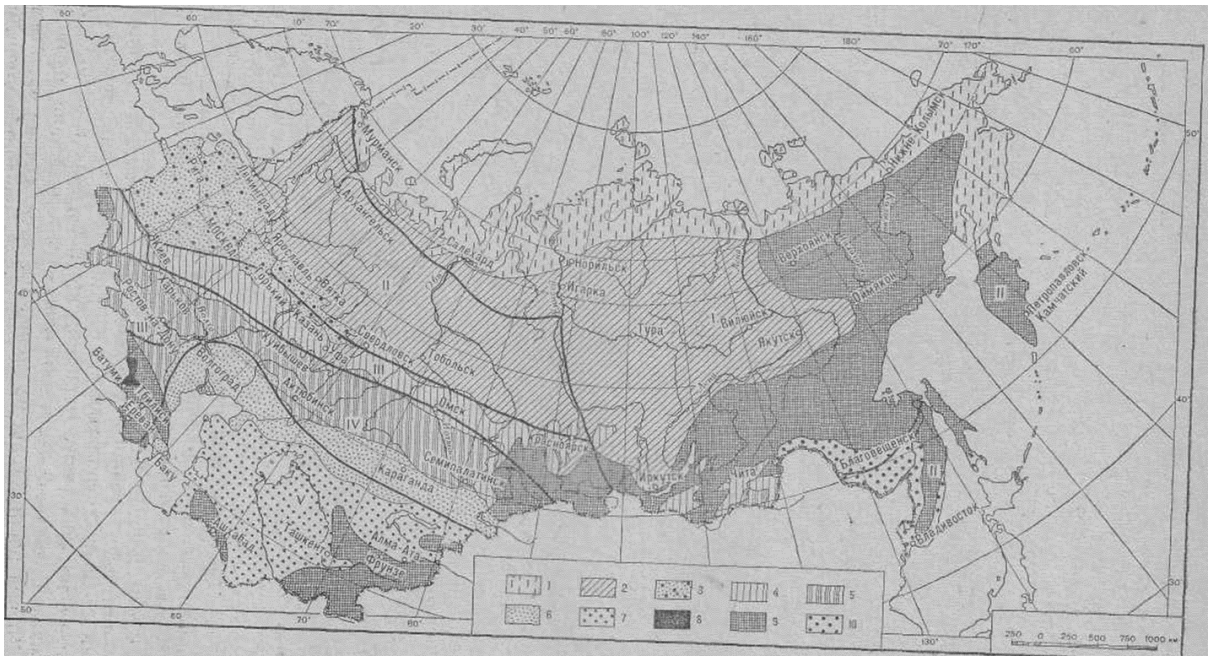


Рис. 24. Ландшафтные зоны по Л.С. Бергу и дорожно-климатические районы 1 - тундра; 2 - тайга; 3 - смешанный лес; 4 - лесостепь; 5 - степь; 6 - полупустыни; 7,8- субтропики; 9 - горные районы; 10 - широколиственные и смешанные леса

А.А. Григорьев, определив «периодический закон зональности», в то же время указывает на возможность периодического повторения. одинаковых значений радиационного индекса сухости в различных поясах.

При этом обращается внимание на то обстоятельство, что общность индекса еще не означает идентичность природно-климатических условий для различных зон, поскольку годовой радиационный баланс и годовая сумма осадков в этих зонах могут резко различаться, как и все природные процессы и комплексы в целом.

В основе почвенно-климатического зонирования территории России лежит почвенная карта, поскольку тип почвогрунта, его генезис являются результатом длительного естественно-исторического процесса развития деятельного слоя во взаимодействии общеклиматических и ландшафтных факторов географической среды (рис.24).

На территории страны установлено 10 таких почвенных типов:

1) тундровые;

2) подзолистые и заболоченные;

3) горно-лесные подзолистые;

4) дерновые перегнойно- карбонатные почвы вперемежку с подзолистыми;

5) серые лесные земли и другие почвы лесостепи;

6) черноземные почвы;

7) каштановые почвы и солонцы;

8) бурные почвы, солонцы и развеваемые пески;

9) буроземы южных лиственных лесов Крыма и Кавказа;

10) красноземы, желтоземы и субтропические подзолистые почвы.

При этом наблюдается строгая последовательность чередования зон от северного полюса до экватора.

Почвенно-климатическое районирование территории страны в основном предназначается для целей сельского и лесного хозяйства.

Для использования его в других прикладных целях необходимо учесть специфические требования народно-хозяйственного объекта, размещаемого и эксплуатируемого в тех или иных природно-климатических условиях.

8.3. Дорожно-климатическое районирование

Автомобильная дорога как инженерное сооружение, состоящее из земляного полотна и дорожной одежды, покоится на деятельном почвенно-грунтовом слое местности.

В связи с этим в основу климатического районирования для целей проектирования и эксплуатации дорог положен водно-тепловой режим подстилающей грунтовой толщи, сформировавшейся в ходе естественно-исторического развития поверхности земли в определенный тип почвогрунта, характерный для ландшафтной зоны.

При дорожно-климатическом районировании территории исходной подосновой является почвенная карта, скорректированная на основе опыта эксплуатации построенных дорог [11].

В частности, коррективы вносятся в почвенные типы, поскольку, будучи исходным материалом для земляного полотна, они представляют собой продукт длительного многовекового гидротермического воздействия природных факторов, изменяющихся во времени.

По дорожно-климатическим условиям территория страны делится на пять зон. Для сопоставления на картах дорожно-климатиче-

ского районирования страны нанесена схема распространения 10 перечисленных почвенных типов и для всей территории страны - 10 типов ландшафтных зон. Как видно по картам, зоны дорожного районирования хорошо увязываются с границами почвенных и ландшафтно-географических зон.

1зона: северо-восточная частьстраны от линии Мончегорск - Поной - Несь - Ошкурья – Сухая Тунгуска - Канск - Туран - Слюдянка - госграница с КНР - Биробиджан - Де-Кастри. Зона включает в себя все районы распространения многолетнемерзлых грунтов, тундру, лесотундру, северо-восточную лесную зону (БАМ). Грунты в пределах деятельного слоя (грунты сезонного промерзания и оттаивания) переувлажнены. Испарение влаги ограничено в связи с непродолжительностью теплового периода года.

2 *зона* ограничивается с юга линией Львов - Житомир - Калуга - Нижний Новгород – Ижевск - Тобольск - Томск - Канск - далее на участке Биробиджан - Де- Кастри по границе с КНР, далее на участке ДВК. В зону входят заболоченные территории Полесья (Белоруссия). Южная граница зоны европейской части СССР соответствует северной границе серых лесных почв и лесной ландшафтной зоны. Характеризуется избыточным увлажнением вследствие преобладания атмосферных осадков над испаряемостью и высокого расположения уровня грунтовых вод. Коэффициент водного баланса, по Костикову, для зоны составляет 1,5 - 2. В ландшафтном отношении зона характеризуется таежными и смешанными лесами, почвами подзолистого типа. Разнообразие природных условий, особенно в Зауралье, порождает большое разнообразие в климатических условиях.

3 *зона* располагается к югу от границы 2 зоны до линии Кишинев – Кировоград – Харьков – Самара – Оренбург - Кустанай и далее на 100 км южнее Омска до Бийска и Турана. На юге зона примыкает к северной границе распространения черноземных почв. В пределах зоны распространены оподзоленные почвы лесостепи и выщелоченные черноземы. 3 зона характеризуется избыточным увлажнением весной и осенью при среднегодовом коэффициенте водного баланса около 1. В этой связи ее в целом называют зоной переменного увлажнения.

4 *зона* является зоной недостаточного увлажнения. Характеризуется умеренной влажностью верхних слоев почвогрунта вследствие

значительной испаряемости и небольшого количества осадков, коэффициент водного баланса составляет 0,5 - 0,6. Грунтовые воды расположены на небольшой глубине. В зону входят южнее линий 3 зоны Приднепровье со смешанными лесами и степью, Северный Кавказ, Саратовская область и далее южнее Оренбурга полосой на Семипалатинск до границы КНР.

5 зона определяется как засушливая, характеризуется незначительным увлажнением грунтов. Испарение за счет орошения при годовом количестве осадков 100 - 150 мм достигает 600 - 700 мм в год. Располагается юго восточнее линии Джульфа - Степанакерт - Гянджа - Буйнакс - Кизляр - Сальск - Волгоград и далее южнее на 200 км линии Уральск - Тургай - Караганда и затем севернее линии побережья озера Балхаш. Территориально совпадает с ландшафтной зоной сухих степей и полупустынь, характеризуется распространением бурых и каштановых почв с включением части солонцов и солончаков.

При выраженной общей полостности ландшафтно-климатических зон в широтном направлении наблюдается некоторое смягчение климата в западной части страны в сторону Прибалтики и, наоборот, повышение суровости в восточном направлении, где климат более континентальный, количество осадков уменьшается, скорость промерзания почв увеличивается [41].

Границей между западными и восточными частями зон в меридиональном направлении условно считается линия, проходящая по рекам Северной Двине и Волге.

При этом замечено, что высокогорные районы Кавказа, Крыма и Средней Азии, а также территории морских прибрежных районов оказались вне дорожно-климатических зон, поскольку обнаружилось, что вертикальная зональность здешних почв и основной определяющий показатель зоны не поддаются установлению. Это объясняется рядом причин, в том числе:

- преимущественным распространением скальных и каменных грунтов;

- резкой зависимостью условий увлажнения от высоты местности над уровнем моря;

- большим разнообразием температурно-влажностного режима и в целом микроклимата на склонах различной крутизны и экспозиции.

Например, между крутыми северным и южным склонами, подошвой склона и его вершиной, у побережья моря или на высокогорном плато.

В заключение, возвращаясь к характеристике самой обширной территории страны - северной, 1 зоны, отметим, что практические рекомендации по устройству земляного полотна и конструкций дорожных одежд в этих условиях пока еще не разработаны. Это объясняется сложностью геофизических явлений, суровыми климатическими условиями и наличием многолетнемерзлых грунтов, в частности в пределах деятельного слоя мерзлоты.

Дорожно-климатическая классификация территории страны хотя и не в полной мере, но в основном отвечает требованиям практики строительства и эксплуатации дорог в части конструирования земляного полотна и дорожных одежд, регулирования водно-теплового режима и обеспечения устойчивости дорожных сооружений.

Она позволяет прогнозировать поведение дорожного объекта в ходе эксплуатации в типологических условиях конкретной климатической зоны.

Следует также иметь в виду, что в условиях городских территорий в силу хозяйственной деятельности человека, наличия «культурного слоя» и нарушенной вертикальной зональности почвогрунтов дорожно-климатическая классификация является приближенной к реальной ситуации и носит несколько условный характер [26].

В связи с этим при проектировании городских дорог следует в зависимости от конкретной ситуации более обоснованно назначать расчетные показатели по водно-тепловому режиму земляного полотна.

8.4. Климатическое районирование для строительства

Климатическое районирование страны для строительства основывается на совокупном учете трех метеорологических показателей: температуры, ветра и влажности воздуха.

Показатели берутся по многолетним наблюдениям:

- среднемесячная температура воздуха в январе (самом холодном месяце);
- средняя скорость ветра за три зимних месяца (самый суровый период);
- среднемесячная температура воздуха в июле (самый теплый месяц);

•среднемесячная относительная влажность воздуха в июле.

В соответствии со СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» устанавливаются четыре зоны-района и 16 подрайонов внутри зон (табл.10).

Таблица 10

Климатическое районирование территории для строительства

Зоны, подрайоны	Характеристики подрайонов			
	Среднемесячная температура воздуха, °С		Среднемесячная относительная влажность воздуха, %	Средняя скорость ветра за три зимних месяца, м/с
	в январе	в июле		
I 1А	-32 и ниже	4-19	-	-
1Б	-28 и ниже	0-13	>75	5 и более
1В	-14 до -28	12-21	-	-
1Г	-14 до -28	0-14	>75	5 и более
1Д	-14 до -32	10-20	-	-
II 2А	-4 до -14	8-12	>75	5 и более
2Б	-3 до -5	12-21	-	-
2В	-4 до -14	12-21	-	-
2Г	-5 до -14	12-21	>75	5 и более
III 3А	-14 до -20	21-25	-	-
3Б	-5 до +2	21-25	-	-
3В	-5 до -14	21-25	-	-
IV 4А	-10 до +2	от 28 и выше	-	-
4Б	+2 до +6	22-28	50 и более	-
4В	0 до +2	25-28	-	-
4Г	-15 до 0	25-28	-	-

При строительно-климатическом районировании территории в отличие от дорожно-климатического, где за основу берется почвенный тип с его воднотепловым режимом (коэффициент водного баланса), определяющим показателем здесь являются температура наружного воздуха, ее режим в сезонном аспекте.

Другие показатели (скорость ветра и влажность воздуха), хотя и приводятся в таблице, даются весьма ориентировочно, притом мало дифференцированы.

Это объясняется:

• отсутствием достаточно представительных данных наблюдений по этим показателям;

- большим разнообразием природных факторов внутри районов и подрайонов (почвенно-ландшафтного характера), влияющих на местный климат, и, в частности, на ветровой режим и влажность воздуха.
-

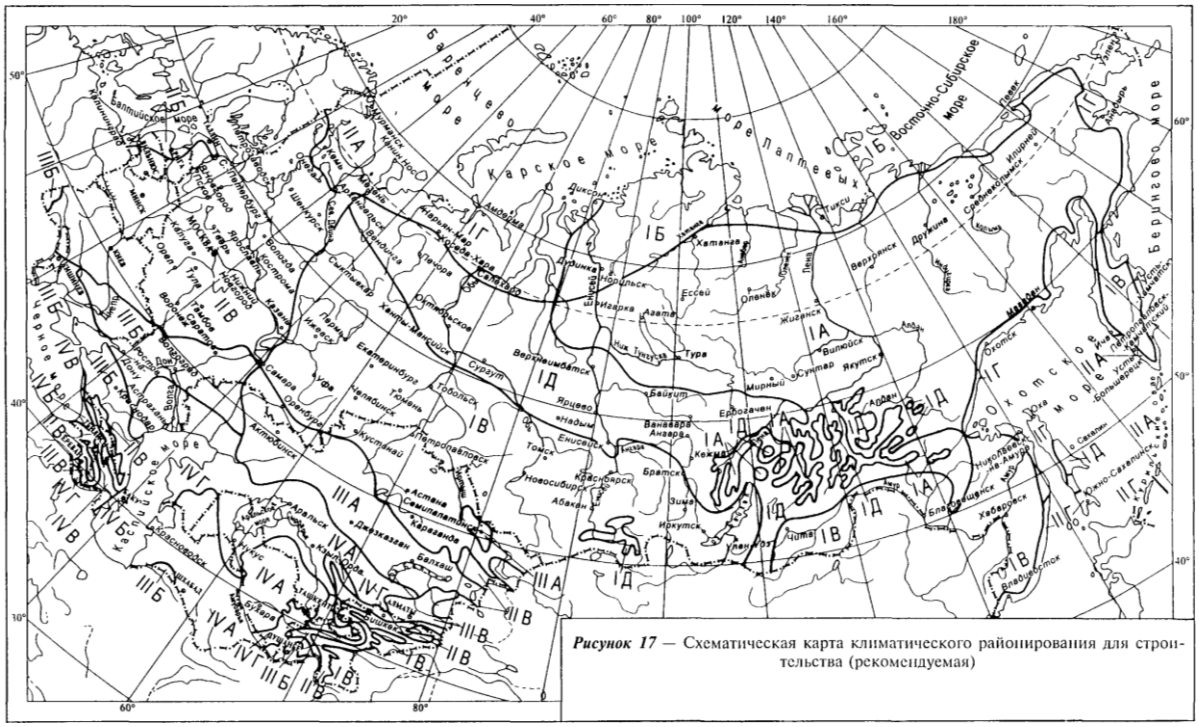


Рис.25. Карта-схема климатического районирования территории для строительства

Очевидно, в будущем, с накоплением и систематизацией метеорологических наблюдений по районам и подрайонам, дифференцированно представится возможным наряду с уточнением границ показателей более точно отразить влияние местных условий на строительные объекты [67].

Особенность климатических зон для строительства – отсутствие четкой зональности в широтном направлении. В таблице дано географическое описание климатических районов, указаны их особые физико-геологические условия и природно-климатические факторы, определяющие общность типологических требований к зданиям и сооружениям (табл.11).

Таблица 11

Физико-географические условия климатических районов

Климатические районы	Географическое положение района	Особые физико-геологические условия	Природно-климатические факторы, типологические условия, отопительный период
I	Северо-восточная часть страны от линии Архангельск-Куйбышев-Оренбург-Кустанай-Караганда, далее севернее озера Балхаш до границы КНР. Сюда же входит южная часть Киргизстана с подрайоном В: Дальневосточное Приморье от Сахалина до Владивостока	На значительной части территории распространены вечномерзлые грунты. В отдельных районах сейсмичность 7-9 баллов, имеются лавиноопасные участки. Участки с оползнями, проявления карстов и селей. Встречаются территории с просадочными грунтами	Суровая и длительная зима,особенно в подрайонах Б и Г, примыкающих к Ледовитому океану, и А, и Б, входящих в зону вечной и островной мерзлоты. Сильные ветры и снежные заносы, необходимы максимальная теплозащита зданий от продувания и теплопотерь, продолжительный отопительный период от 210 до 365 дней в году
II	Европейская часть территории страны на запад от линии Архангельск-Куйбышев-Харьков-Кишинев, исключая Закарпатье. К этому же району отнесена часть территории Северо-Восточного Казахстана	Встречаются за карстованные, с просадочными грунтами, оползневыми процессами территории. Глубина промерзания до 1,8 м, на севере имеются вечномерзлые грунты, на отдельных участках сейсмичность 7-9 баллов	Умеренная зима в центральной части, более суровые условия с ветрами и снежными заносами на Кольском п-ве. Значительная продолжительность отопительного периода

Окончание табл. 11

III	Юго-Западная часть Украины и Молдавии, на юг от линии Кишинев-Харьков-Куйбышев- Волгоградская, Оренбургская, Саратовская, Ростовская область, Краснодарский и Ставропольский край России, Закарпатье и Северный Крым Украины, Актюбинская, Джезказганская и Алма-Атинская области Казахстана	Значительные отклонения от средних и пестрота физико геологических показателей. Степные и пригорные районы. Просадочные грунты на значительной части территории. Повышается глубина промерзания в степных районах на восток от Волги. Встречаются, районы с сейсмичностью 7-9 баллов	Небольшой снежный покров. Интенсивная солнечная радиация. Жаркое лето и холодные зимы с ветрами, особенно в степных частях, определяют необходимую защиту зданий от перегрева летом и охлаждения зимой
IV	Южный Крым, Грузия, Армения, Азербайджан, Туркмения, Узбекистан, западные части Казахстана от линии Бишкек-Алма-Ата	В основном районы проявлений сейсмичности до 7-9 баллов. Грунты просадочные на значительной территории. Встречаются районы лавино-опасные, с оползнями, селями, карстами	Жаркое лето с интенсивной солнечной радиацией. Короткая зима с малым периодом отопительного сезона. Необходима защита зданий как от перегрева, так и от холода

8.5. Районирование территории по эффективным температурам

Как уже отмечалось, эффективную температуру как комплексный климатический показатель рассматривают в двух аспектах: как теплопотери здания или сооружения за отопительный период и как теплоощущения человека в результате совокупного действия радиационного тепла, ветра и влажности воздуха.

Метод комплексного климатического районирования для строительства с учетом совокупного действия элементов климата на тепловой режим зданий в различных метеорологических условиях разработан Л.Е. Анапольской и Л.С. Гандиным [55].

В качестве показателей для характеристики теплового режима зданий авторы предложили считать:

- продолжительность отопительного периода - время теплопотерь зданий (в месяцах);
- общие годовые потери тепла зданий, вычисленные с учетом температуры воздуха, скорости ветра и количества приходящей солнечной радиации;
- эффективную температуру, соответствующую максимальным теплопотерям зданий;
- инфильтрационную теплоотдачу зданий (при ветре, сопровождаемом низкой температурой) с учетом влияния радиационного тепла;
- продолжительность летнего периода, когда помещение не отапливается;
- теплопоступления в зданиях в самый жаркий месяц.

В качестве основного критерия при климатическом районировании территории (по Анапольской и Гандину) используется показатель суровости климатов, вычисляемый для наиболее неблагоприятных сочетаний температуры воздуха и скорости ветра по формуле

$$T = T_э - m(A - 1)(T_В - T_н),$$

где $T_э$ - эффективная температура, °С; $T_н$ - температура наружного воздуха; $T_в$ - температура внутри здания; m - безразмерный параметр, характеризующий термическое сопротивление ограждающих конструкций зданий ($\leq 1{,}0$); А - показатель воздухообмена (конструктивных теплопотерь) между внутренней и наружной частями ограждения; при наличии воздухообмена $A > 1{,}0$, при отсутствии воздухообмена $A = 1{,}0$.

По результатам расчетов по формуле в сопоставлении с конкретными климатическими условиями были сделаны следующие выводы:

1. Суровость климата (нарастание эффективных отрицательных температур) возрастает в европейской части страны с запада на восток (до Уральских гор), в азиатской части- с юга на север;

2. Значение эффективных температур $T_э$ с вероятностью осуществления 0,1% на территории страны колеблется в очень широких пределах - от -15 до -20°С на юге и юго-западе до 100-110°С на севере, северо-востоке страны;

3. Колебание эффективной температуры (температурный градиент) увеличивается по поясам с возрастанием широты местности;

4. Наиболее низкие значения эффективной температуры получаются не при самых низких температурах наружного воздуха (обычно в таких случаях скорость ветра невелика) и не при самых сильных ветрах (обычно в этих случаях температура относительно невелика), а при некоторых промежуточных ситуациях, когда температура воздуха низка, но не минимальна, а скорость ветра при этом велика, но не максимальна;

5. Большой градиент $T_э$ на севере обусловлен значительным перепадом скоростей ветра на сравнительно малом по ширине участке территории.

В соответствии с изложенными выводами ГГО было выполнено районирование территории страны по эффективным температурам.

На территории страны выделено 11 районов (табл.12).

Таблица 12

Климатические районы по градациям эффективной температуры

Районы	Эффективная температура, $T_э$ °С	
	от	до
1		-20
2	-21	-25
3	-31	-35
4	-36	-35
5	-36	-40
6	-41	-45
7	-46	-50
8	-51	-60
9	-61	-70
10	-71	-90
11	-91	-110

Градация районов определялась по изменению Т на участке района в пределах 5, 10°, а в части районов - 30°С. Карта-схема районирования (в изотермах) представлена на двух рисунках (рис. 26, 27).

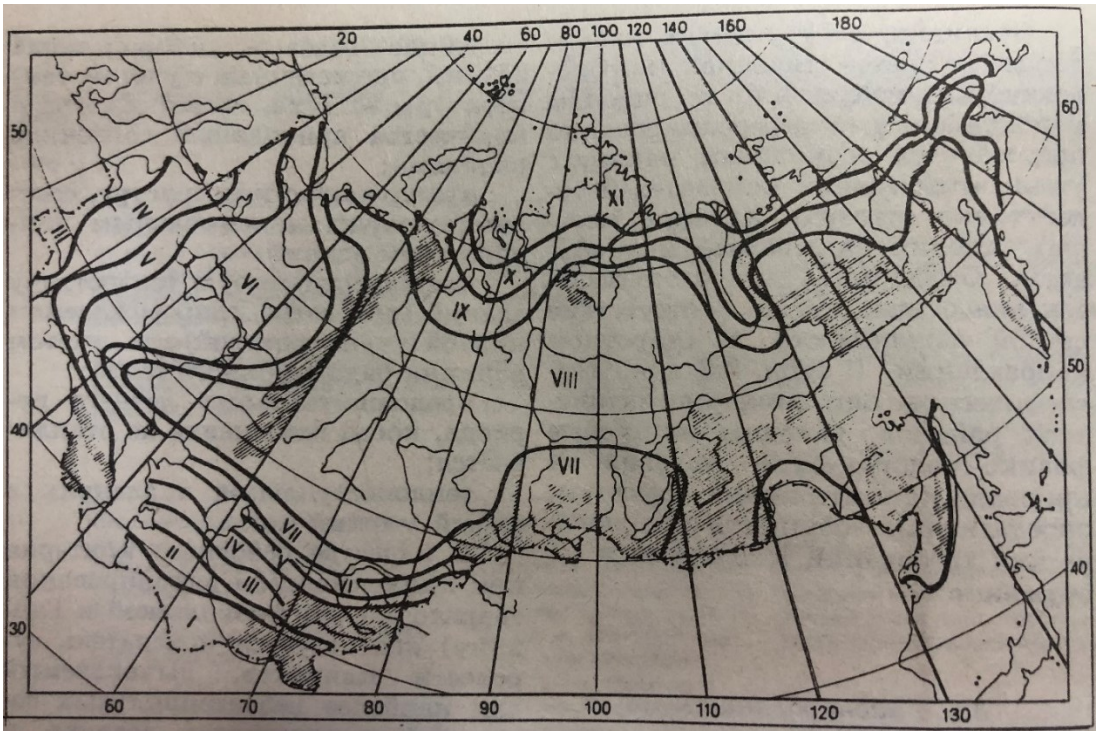


Рис. 26. Карта-схема районирования по температурам Т встречающимся с вероятностью 0,1%

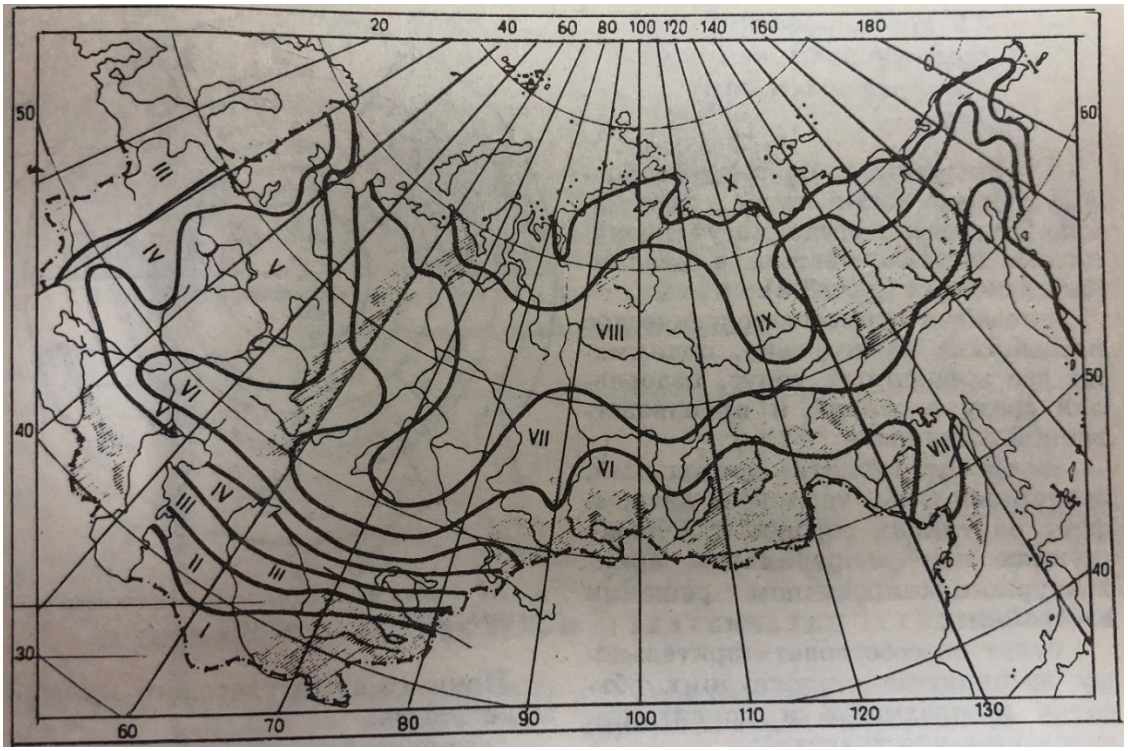


Рис. 27. Карта-схема районирования по температурам Тэ встречающимся с вероятностью 0,4%

Более обобщенно по эквивалентно эффективной температуре как биоклиматическому показателю характеризуются ландшафтные зоны страны. В частности, по исследованиям В.Ю. Милевского: наиболее низкая эффективная температура наблюдается в тундре, зона комфорта здесь отсутствует;

- в тайге эффективная температура не поднимается выше 10°С;
- в лесостепной части и в зоне смешанных (хвойных и лиственных) лесов три летних месяца являются комфортными, а за время с мая по сентябрь эффективная температура колеблется от 5 до 19°С;
- в степях и полупустынях лето дискомфортно, май и сентябрь комфортны; с апреля по октябрь (7мес) здесь эффективные температуры всегда положительные;
- субтропическая зона (Сочи, Кавказ, Южный берег Крыма) характеризуется эффективной температурой от 10 до 21°С в течение 7 мес (май-сентябрь); май, июнь, сентябрь, октябрь комфортны, июль, август дискомфортны.

8.6. Районирование территории по световому и ультрафиолетовому климату

Энергетические ресурсы Солнца у поверхности Земли в окружающей человека среде могут проявляться и реализоваться в различных аспектах:

- оказывая психофизиологическое воздействие на человека, поднимают его жизненный тонус, оздоровляя среду в жилой и производственной обстановке;
- могут усугублять зрительный эритемный или тепловой дискомфорт на улицах городов и в помещениях при неправильном архитектурно-планировочном решении застройки;
- будут способствовать зрительному восприятию окружающих объектов и предметов и ориентации человека в пространстве;
- использоваться (в световом диапазоне) как формообразующее средство для придания застройке образности и выразительности.

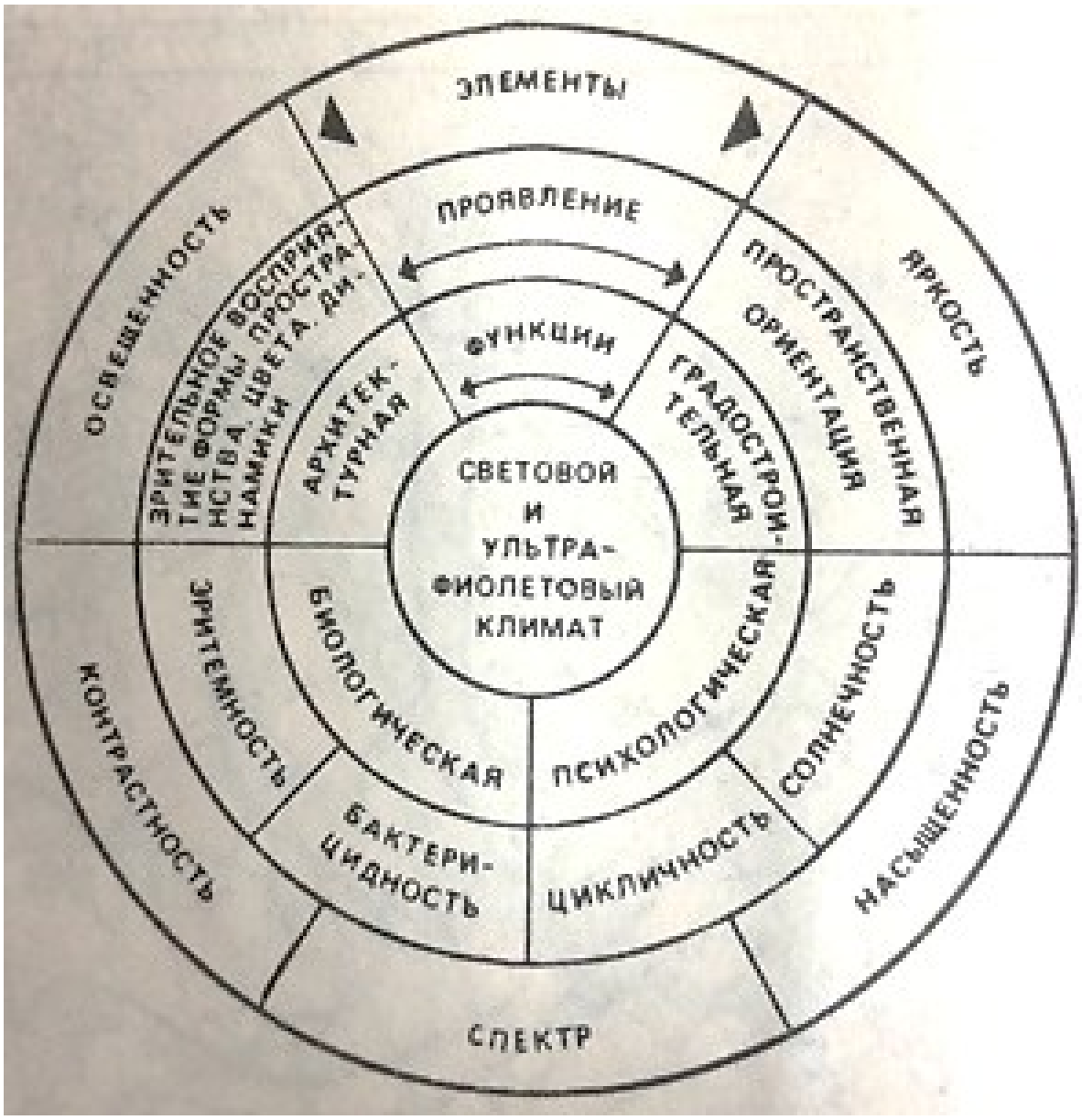


Рис. 28. Схема взаимодействия светового и ультрафиолетового климата

Совокупное проявления природных ресурсов лучистой энергии Солнца в пределах инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой частей спектра образует соответственно у земной поверхности наряду с тепловым световой и ультрафиолетовый климат.

Задача учета радиационных ресурсов при градостроительном проектировании заключается в максимальном расширении по времени комфортных условий и всемерном ограничении климатического дискомфорта в жилой и окружающей городской среде средствами планировки и благоустройства застраиваемых территорий [64].

Световой климат характеризуется комплексом показателей ресурсов природной световой энергии в виде наружного естественного освещения местности или поверхности.

Показателями светового климата являются:

- освещенность и количество освещения на горизонтальной и различно ориентированных вертикальных поверхностях, создаваемых прямой от Солнца и рассеянной от неба радиацией;
- абсолютные значения яркости и относительное распределение яркости по небу сплошной облачности и при отсутствии облаков;
- продолжительность солнечного сияния;
- прозрачность атмосферы и альбедо подстилающей поверхности.

Перечисленные показатели получаются путем статической обработки данных многолетних натуральных измерений характеристик естественного наружного освещения.

В общем виде освещенность E_o на открытом месте определяется по формуле:

$$\mathbf{Eo = Ec + E_P + Eз}$$

где E_c, E_o, $E_З$ - освещенность, соответственно, прямая от Солнца, рассеянная (диффузная) от неба и отраженная от земной поверхности.

Единицей освещенности является люкс (лк), что означает освещенность 1 м^2 поверхности световым потоком, равным 1 лм (люмен).

Характеристикой излучательной способности Солнца в световом диапазоне служит световая солнечная постоянная E^r_c. Это - освещенность плоскости, расположенной перпендикулярно лучам Солнца на расстоянии от него примерно $149{,}5 \cdot 10^6$ км, которое принимается за астрономическую единицу.

Величина солнечной световой постоянной на границе атмосферы приближенно принимается 135 000 - 137 000 лк, что соответствует средней яркости Солнца $2*10^9$ кд/м^2.

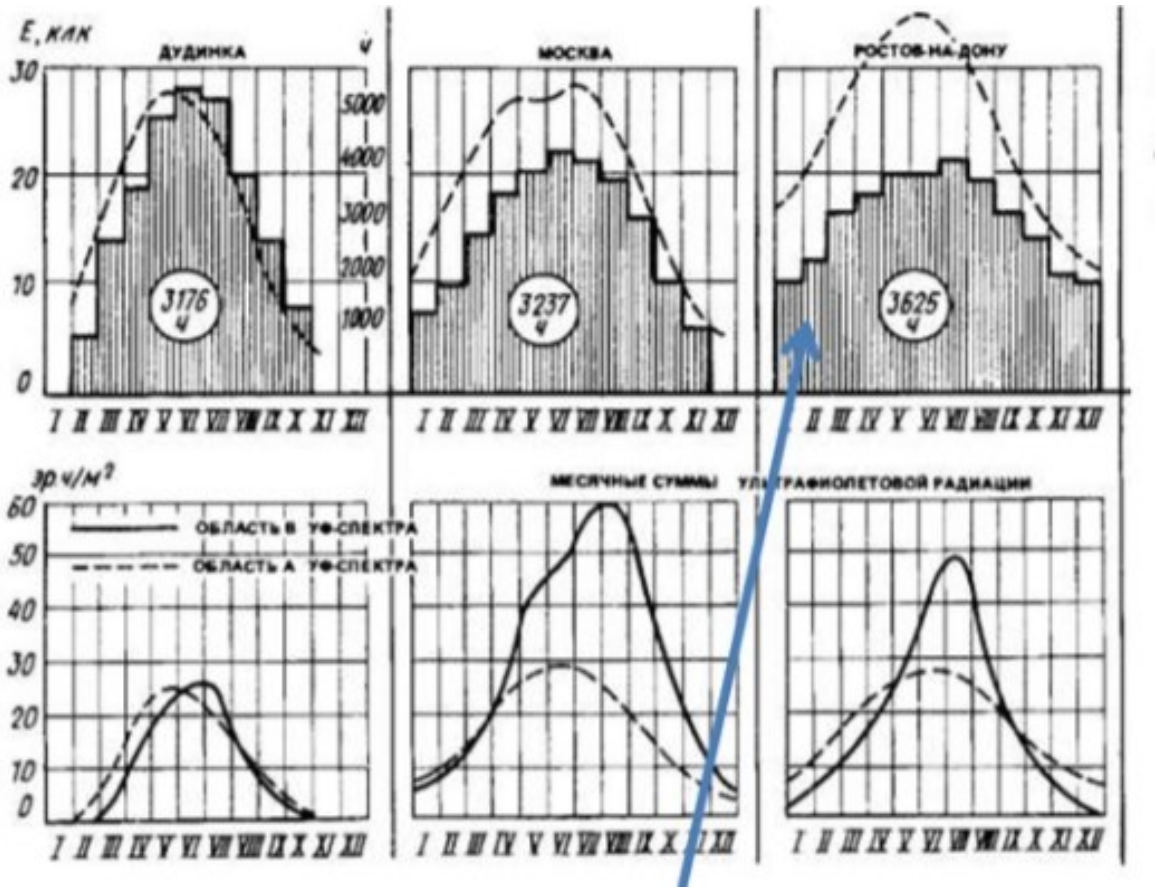


Рис.29. Годовой ход наружной освещенности (КЛК) и ультрафиолетовой радиации для некоторых опорных пунктов

Наружная освещенность от диффузного или облачного неба определяется с помощью так называемого светового эквивалента, выражающего отношение между освещенностью и интенсивностью радиации на данной поверхности.

Годовой ход наружной освещенности и ультрафиолетовой облученности определяется фотометрическим или расчетным путем, на основании чего строятся режимные графики освещенности в данной местности (рис. 30).

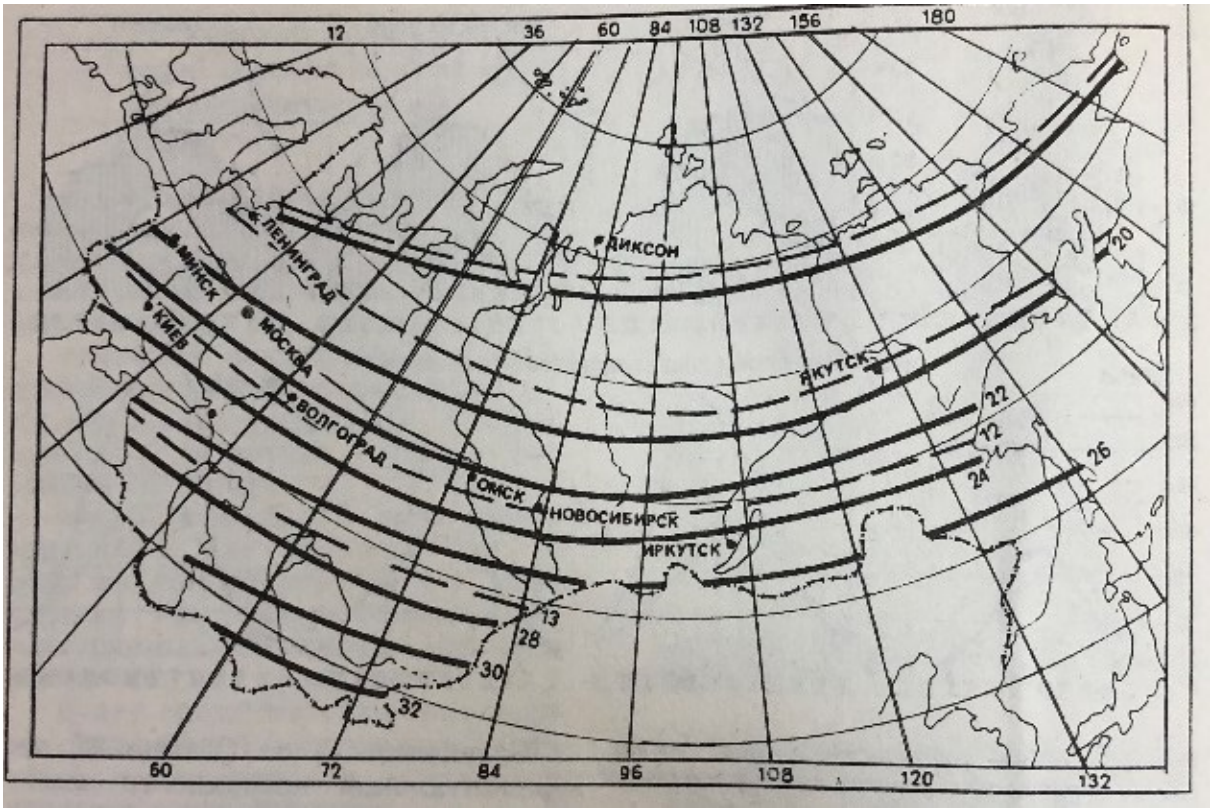


Рис. 30. Карта-схема распределения средней рассеянной и суммарной освещенности за весь световой период (КЛК)

Световой эквивалент от солнечной радиации суммарно определяется с учетом высоты Солнца, продолжительности радиации, состояния облачности и характера подстилающей поверхности [32].

Последнее учитывается через коэффициент отражения подстилающей поверхности (альбедо) для периодов со снежным покровом и без такового.

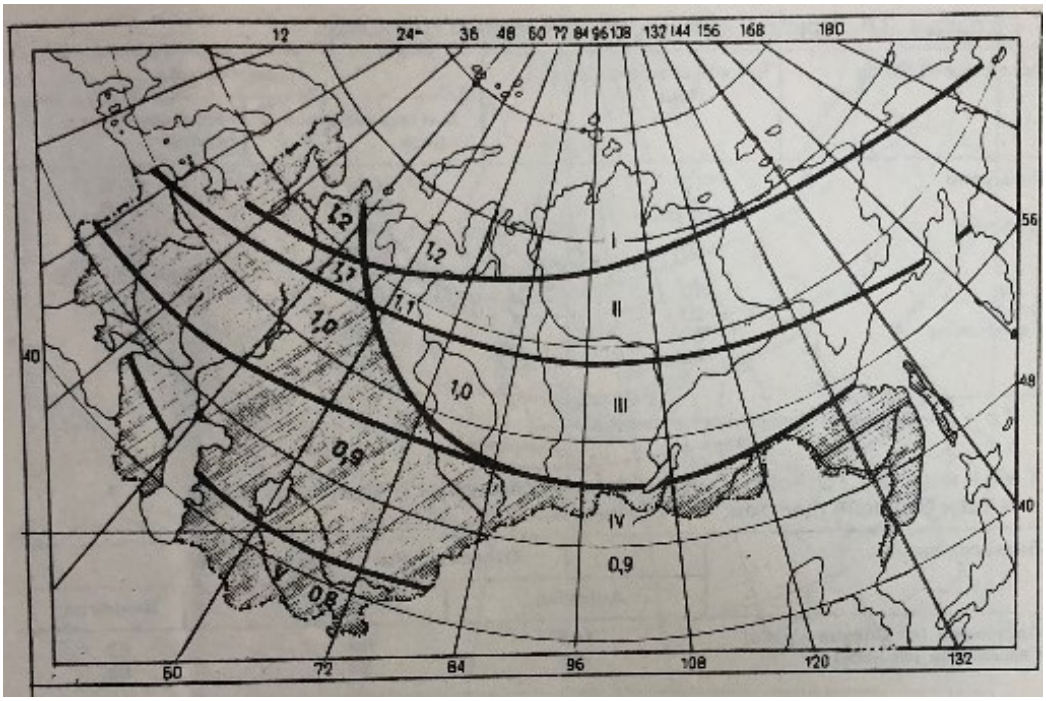


Рис. 31. Карта-схема светоклиматического районирования для строительства

Интегральное значение суммарной освещенности, выраженное за весь светлый период в среднемноголетнем исчислении, явилось основным критерием для светоклиматического районирования территории.

Величина этой освещенности рассчитывается как среднее за год количество наружного освещения (средняя освещенность), получаемого горизонтальной поверхностью в течение 1 ч светового периода, и определяется по формуле:

$$E_{ср} = \sum (E - E_{кр}) / \sum_{год} T,$$

где $E_{ср}$ - средняя освещенность (лк), положенная в основу районирования территории; E - наружная освещенность горизонтальной поверхности, лк; $E_{кр}$ - критическая наружная освещенность, лк; T – продолжительность использования естественного освещения - разность времени наступления критической освещенности утром и вечером, ч.

Критической наружной освещенностью называют освещенность, наблюдаемую в моменты выключения (утром) и включения (вечером) искусственного освещения и определяемую по формуле:

$$E_{кр} = E_{и} / e,$$

где $E_{И}$ - нормируемая освещенность при искусственном освещении (по СНиП 23-05-95, СП 52.13330.2016); e - нормируемое значение коэффициента естественного освещения (КЕО).

В качестве общей закономерности распределения средней рассеянной и суммарной освещенности можно назвать четко выраженную широтную зональность (рис.).

Научно-исследовательским институтом строительной физики (НИИСФ) предложена при светоклиматическом районировании делить территорию страны с севера на юг на пять светоклиматических районов (рис.).

При этом за эталон по средней освещенности поверхности (продолжительности светового дня) была взята центральная III светоклиматическая зона, в которую вошла Москва, и для которой коэффициент светоклиматической поправки принят за 1. [17].

Остальные зоны-районы определялись изолиниями коэффициентов соответственно для I и II светоклиматических районов величиной 1,2 и 1,1 и для IV и V с.к.р. - 0,9 и 0,8.

Наружная освещенность во многом зависит от яркости неба, которая в свою очередь зависит от состояния земной поверхности и приземного слоя атмосферы, облачности и прозрачности воздуха. Одним из наиболее существенных факторов, влияющих на яркость неба, является снежный покров, характер и продолжительность его залегания.

Это особенно характерно для восточной части трех северных районов, где снежный покров залегает 6 и более месяцев в году (на рис. не заштриховано).

На яркость неба существенно влияет состояние атмосфера - облачность и прозрачность воздуха.

При расчетах естественной освещенности указанное влияние учитывается расчетом или соответствующими показателями (табл.13).

Таблица 13

Яркость неба, кд/м^2 (по данным НИИСФа)

Погодные условия	Высота стояния Солнца, град	Яркость неба	
		при снежном покрове	без снежного покрова
Пасмурно	10	3000	1600
	20	5000	3600
Облачно	30	7500	5700
	40	900	8000
		при р = 0,8*	при р = 0,6*
Ясно	10	1000	2000
	20	1500	3200
Безоблачно	30	2000	4400
	40	2500	5500

*- коэффициент прозрачности воздуха

Относительное значение освещенности определяется соотношением абсолютных величин освещенности горизонтальной поверхности при солнечном и диффузном освещении (табл.14).

Таблица 14

Относительные значения освещенности от Солнца и неба для трех опорных пунктов.

Виды освещения	Относительная освещенность, %		
	Ашхабат	Москва	С-Петербург
Солнечная (от Солнца и неба)	100	69	62
Рассеянное (от неба)	100	89	83

Учет контрастности освещения необходим в архитектурном проектировании при решении таких задач, как объемная композиция, выявление фактуры отделочных элементов, цветовое и архитектурное оформление фасадов.

Контрастность освещения проявляется и при диффузном освещении облачным небом, когда небосвод, освещенный закатившимся Солнцем, контрастирует с затемненным горизонтом.

При наличии снежного покрова контрастность освещения снижается или отсутствует вообще.

В качестве общей закономерности можно отметить, что контрастность, будучи наибольшей у экватора, снижается к полюсам.

Так, на территории страны небольшая контрастность освещения летом отмечается в Средней Азии, на Кавказе и в Крыму, наименьшая - в Заполярье и на Крайнем Севере.

Характерен также суточный ход контрастности освещения, особенно в западной части III, IV, V светоклиматических районах. Здесь наблюдаются максимумы яркости по утрам и минимумы вечером, что объясняется падением прозрачности воздуха в связи с увеличением аэрозольности к вечеру.

Прозрачность воздуха характеризуется коэффициентом пропускания £, относимым к слою воздуха в 1 км и определяемым по формуле:

$$£ = p^{м}$$

где м – воздушная масса, р – коэффициент прозрачности атмосферы.

Комплексно прозрачность воздуха определяется степенью видимости объекта, величина ее принимается 0,9 при отличной видимости, 0,8 – при хорошей и 0,7 – при плохой видимости. Для больших городов, индустриальных районов прозрачность воздуха еще больше снижается и в среднем оценивается коэффициентом 0,6.

Ультрафиолетовый климат у земной поверхности образуется под совокупным действием естественной солнечной радиации (рассеянной), отраженной в ультрафиолетовом диапазоне спектра Солнца.

Биологический эффект действия ультрафиолетовых лучей проявляется в двух аспектах: в эритемной облученности (в пределах длин волн 280 - 400 нм), оказывающей оздоровительное действие на человека, и в бактерицидной радиации (длина волн менее 760 нм), убивающей болезнетворные бактерии и микроорганизмы.

За единицу эритемной (ультрафиолетовой) облученности принят мэр - доза или порог облучения, фиксирующий заметные изменения в цвете кожи.

Гигиенистами установлена минимальная суточная доза эритемной облученности, которую должен получить человек для нормального функционирования организма. Эта доза составляет 12 мэр ч/м^2 при минимальной эритемной облученности в 1,5 мэр/м^2.

Естественная эритемная облученность на местности распространяется аналогично видимой радиации - по зонам в широтном направлении.

Поэтому при зонировании территории страны по ультрафиолетовому климату, как и при световом, предусмотрено также пять районов с градациями по широте с севера на юг (рис. 32).

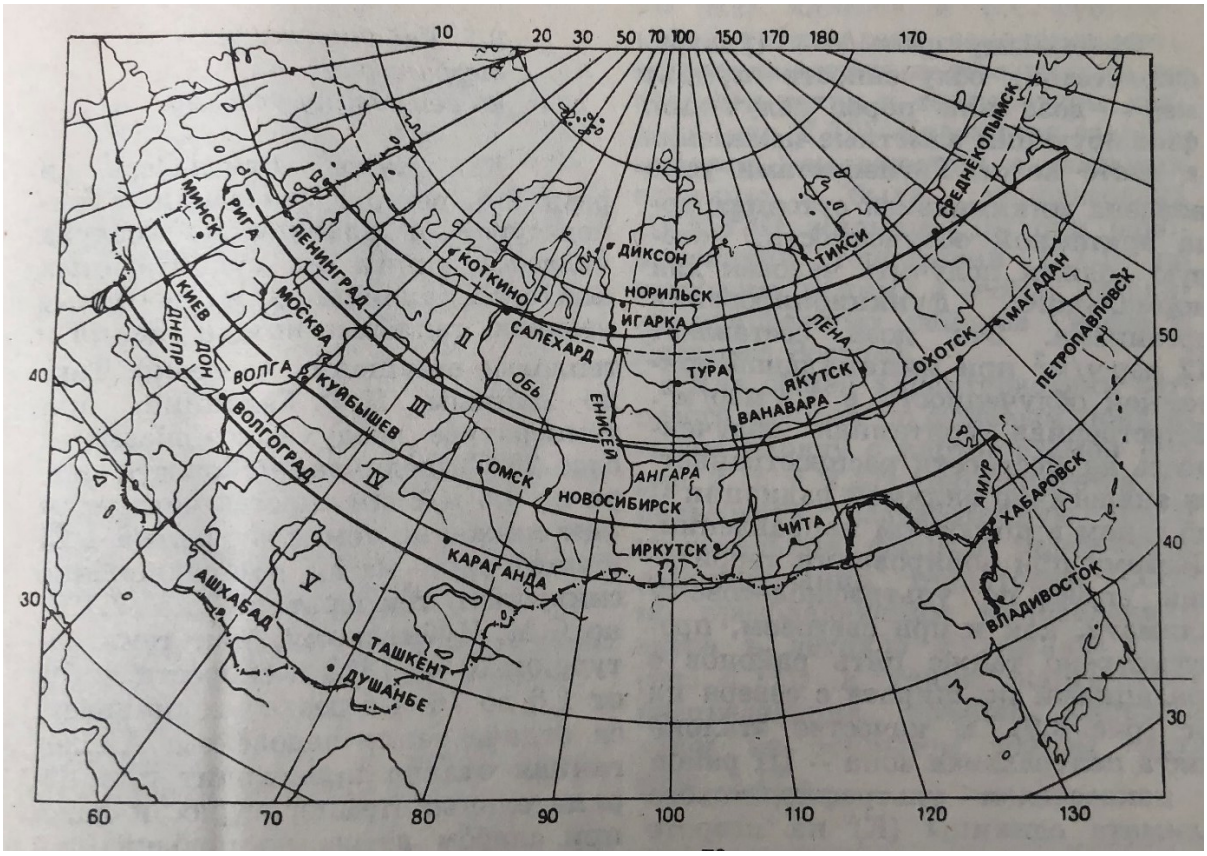


Рис.32. Карта-схема для определения коэффициента К при расчете интенсивности ультрафиолетового облучения

В качестве эталона взята центральная зона - III район с показателем ультрафиолетового климата единицы (К) на широте Москвы.

Значения коэффициента К пяти климатических районов по ультрафиолетовому климату приняты: I район - 1,4; II район - 1,2; III район -1; IV район - 0,8; V район - 0,6.

Учитывая большое гигиеническое значение эритемного облучения для человека и существенное влияние на него состояния атмосферы и подстилающей земной поверхности и градостроительного окружения, в качестве общих мер для повышения ультрафиолетового комфорта можно назвать:

- защиту и обезвреживание воздушного бассейна города от аэрозолей и газовых выбросов;
- максимальное насыщение городских и жилых территорий зелеными насаждениями, включая вертикальное озеленение стен;
- использование соответствующей (преимущественно светлых тонов) цветовой гаммы оформления жилой и культурно-бытовой застройки.

8.7. Районирование территории по ветровому режиму

Как уже отмечалось выше, ветер в сочетании с температурой и влажностью воздуха является одним из существенных факторов, влияющих на погодные условия, тепловые потери здания и тепловые ощущения человека. Так, по данным Н.Ф. Галанина, при температуре воздуха в приземном слое 20°С увеличение скорости ветра на 0,5 м/с ощущается человеком как снижение температуры на 1°С, а увеличение на 1,5 м/с равноценно снижению температуры на 2,7°С. по С.М. Чубинскому, при температуре от 10 до 18°С и скорости ветра от 1,6 до 16 м/с резко увеличивается отдача тепла человеком [69].

Аналогичная отдача происходит при отрицательных температурах и даже при слабом ветре, но повышенной влажности воздуха. Исследованиями Б.П. Алисова и Е.С. Рубинштейна установлена закономерность ветроохлаждения в зависимости от скорости ветра и температуры воздуха (рис. 33).

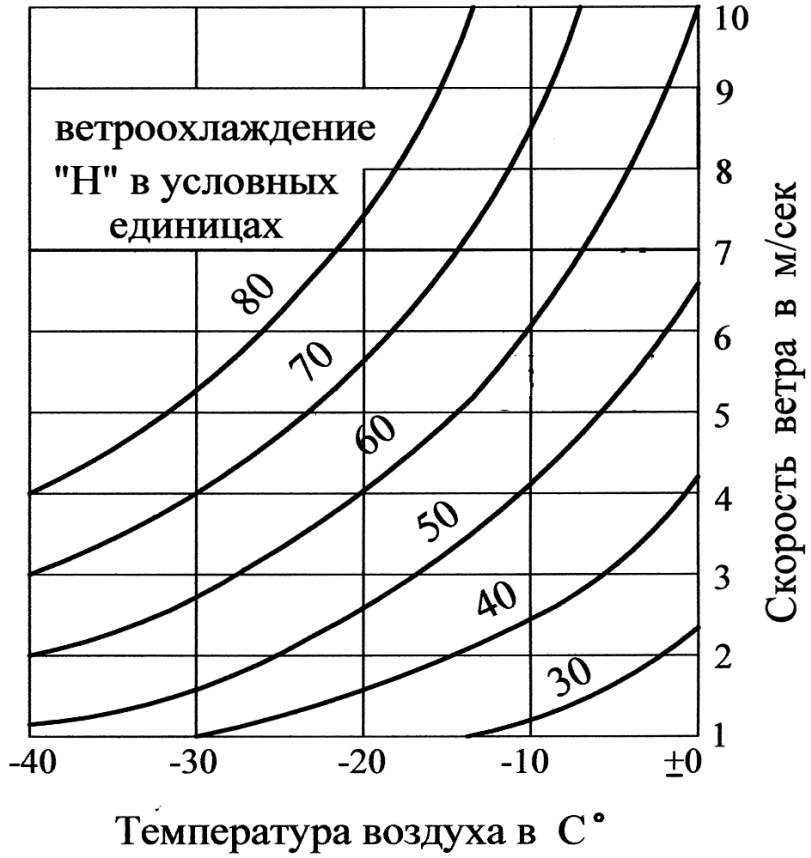


Рис. 33. График ветроохлаждения в зависимости от скорости ветра и температуры воздуха (в условных единицах)

Указанная закономерность, выраженная в условных единицах, была использована ЦНИИЭП жилища при районировании территории СССР по ветровому режиму в особых условиях прибрежных районов Севера и Дальнего Востока [52].

Для общей характеристики ветрового режима по фоновым показателям наряду с картой-схемой (см. рис.) рекомендуется использовать разработанную НИИ строительной физики карту-схему районирования территории СССР по преобладающим направлениям ветра в летнюю и зимнюю пору (рис. 34), а также карту-схему распределения средней скорости ветра на открытом ровном месте (рис. 35).

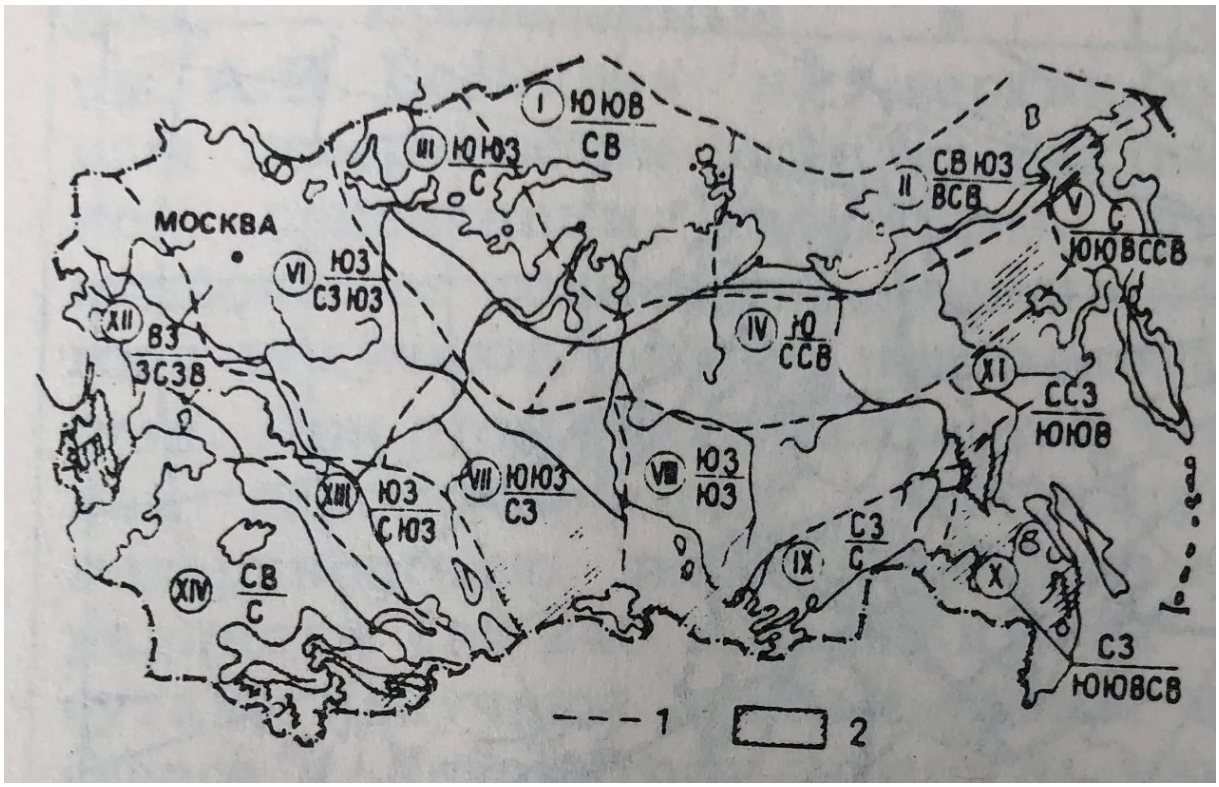


Рис.34. Схема районов преобладающего направления ветра:
1 - границы районов; 2 - малоизученные территории; над чертой - зима, под чертой - лето (по данным НИИ стройфизики)

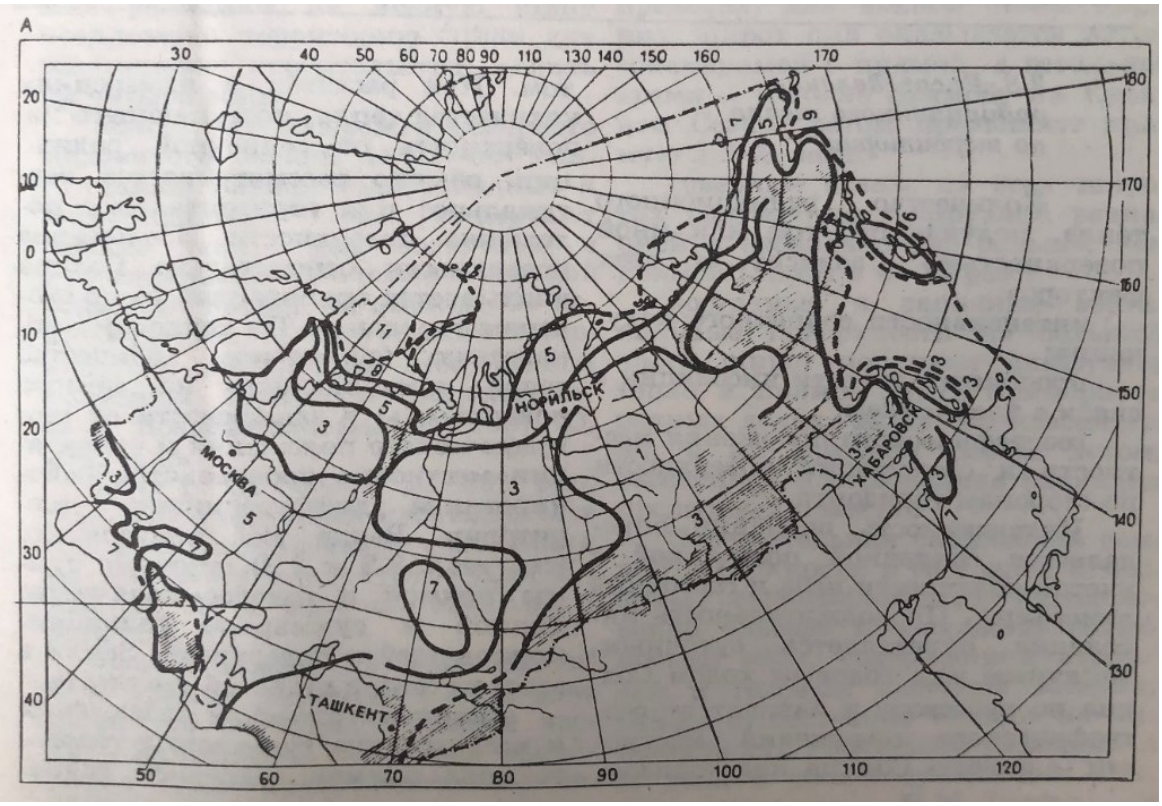


Рис. 35. Карта-схема распределения средней скорости ветра на открытом ровном месте, м/с

А - январь; Б - июль; 1, 3, 5, 6, 9, 11 м/с - средняя скорость ветра; заштрихованы горные районы

8.8. Распределение радиационного тепла по территории

Количество радиационного тепла, получаемого той или иной поверхностью, зависит от трех факторов:

- интенсивности солнечного излучения;
- продолжительности инсоляции с связи с излучением;
- географического положения местности и ориентации поверхности по сторонам горизонта.

Интенсивность радиации определяется солнечной постоянной с учетом облачности неба и состояния атмосферы.

Продолжительность инсоляции определяется суточным, месячным или годовым ходом Солнца по небосводу и зависит от географического положения местности - высоты Солнца над горизонтом.

При расчетах и измерениях количества тепла, поступающего на поверхность от солнечной радиации, обычно рассматривается вертикальное или горизонтальное положение поверхности.

Положение поверхности относительно Солнца учитывается ориентацией ее по сторонам горизонта.

По тепловому показателю (суммарное количество тепла, поступающего на земную поверхность) в зависимости от географического положения и ориентации местности производится районирование (дифференциация) территории.

Выше уже приводились суточные суммы прямой и годовое количество прямой и суммарной радиации, приходящей к поверхности Земли в соответствии с широтой местности.

Актинометрические наблюдения и исследования суточного и годового хода прямой солнечной радиации, проведенные в ГГО им. А.И. Воейкова на вертикальных поверхностях (стенах) различной ориентации, показали, что наибольшее количество радиации в году получают южные поверхности стен.

При этом прослеживается четкая закономерность: наибольшую поверхностную плотность прямой радиации (до 240 и более кВт/м^2 в сутки) получают южные стены на севере у Ледовитого океана и наименьшее - у южной границы страны (около 120 кВт/м^2 в сутки).

Такая же закономерность наблюдается по относительному показателю - отношению количества тепла до и после полудня. Последнее, с учетом положения Солнца в суточном ходе по небосводу, определило последовательность в ориентации поверхности при получении солнечного тепла.

По показателю максимума прямой радиации на южную стену предложено территорию страны для жилищного строительства делить на четыре зоны.

Зона 1. От побережья Северного Ледовитого океана до 65 - 63° с.ш. В теплый период года западные и юго-западные стены получают больше тепла, чем восточные и юго-восточные. Максимум прямой ра-

диации падает на апрель. По количеству тепла, получаемого поверхностью, ориентация стен южной половины горизонта располагается в последовательности: ЮЗ, Ю, ЮВ, З, В.

Зона 2. От 65/63 до 50° с.ш. Максимум радиации наблюдается в марте. Последовательно ориентации по тепловому показателю: ЮВ, Ю, ЮЗ, В, З; в зоне 55 - 52° с.ш. - ЮВ, ЮЗ, Ю, З.

Зона 3. Южнее 52° с.ш. Максимум прямой радиации в этой зоне падает на сентябрь, в южной части - на октябрь. Восточная ориентация здесь предпочтительнее западной. Последовательность ориентации: ЮВ, ЮЗ, В, З, Ю; в южной части зоны (ниже 40° с.ш.) - В, З, ЮВ, ЮЗ, Ю.

Зона 4. Дальний Восток. Максимум радиации падает на февраль. По количеству получаемого тепла западная часть стены предпочтительнее восточной. Последовательность ориентации в северной зоне такая же, как в зоне 1; южнее (у Владивостока) - ЮЗ, З, ЮВ, Ю, В.

При добавлении диффузной (рассеянной и отраженной) радиации к прямой соотношение между ориентациями в получении солнечного тепла сохраняется, но максимум суммарной радиации смещается на более позднее время суток.

Среди других закономерностей и факторов, учтенных при распределении радиационного тепла на поверхностях, следует указать, что:

- доля диффузной радиации в общем балансе меняется в широких пределах: для южной стены средних широт она оказывается летом соизмеримой с прямой, а остальное время - меньше прямой, на Крайнем Севере летом превышает прямую в 2--3 раза;
- северные стены на всех широтах облучаются диффузной радиацией в несколько раз больше, чем прямой (летом в 6 - 10 раз);
- восточные и западные вертикальные поверхности на большой части широт получают диффузное тепло и прямое летом примерно в равных долях, зимой же повсеместно, а на Крайнем Севере летом, рассеянная и отраженная радиация превышает прямую.

Отражательная способность земной поверхности и состояние атмосферы, характеризуемые соответственно альбедо поверхности, облачностью неба, содержанием аэрозолей и газовым составом воздуха, весьма существенно влияют на интенсивность диффузной радиации и ее доля в общей суммарной. Так, по расчетам Н.М. Гусева и З.И. Пивоваровой, отраженная радиация от земной поверхности оказалась минимальной при альбедо 20% в летний период.

В зимнее время благодаря высокой отражательной способности снежного покрова отраженная радиация значительно выше рассеянной, особенно в условиях безоблачного неба.

При значительной облачности, особенно в области градосферы (техносферы) с ее воздушными инверсиями, доля рассеянной радиации по сравнению с отраженной увеличивается.

В южных пустынных районах благодаря высокой отражательной способности песка (альбедо около 0,3) отраженная радиация велика и в сумме с рассеянной обычно превышает прямую на южной стене, сравниваясь с прямой радиацией на восточных и западных стенах. Для расчетов и прогнозирования микроклимата на городских территориях первостепенное значение имеют данные о количестве радиационного тепла, поступающего на такие поверхности. Радиационное тепло характеризуется следующими показателями:

- суммарное количество тепла за сутки в июле составляет 20 000 кДж/м^2;
- среднесуточное - 331 Вт/м^2;
- соотношение прямой и рассеянной составляет 4:1;
- суммарное количество радиационного тепла по зонам не имеет четкой дифференциации.

Последнее объясняется прежде всего тем, что повышенный приток тепла на горизонтальную поверхность в южной зоне благодаря высокому стоянию Солнца (почти в зените) компенсируется удлинением периода облучения поверхности (светового дня), хотя и при низком стоянии Солнца в северных широтах.

Данные о приходе радиационного тепла на горизонтальные и вертикальные поверхности, различно ориентированные по горизонтам самого жаркого периода в часовом, суточном, среднемесячном и годовом исчислении, приводятся в СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Годовой ход тепловой и ультрафиолетовой плотности (интенсивности) радиации для Архангельска, С.-Петербурга и Целинограда был представлен на графиках выше.

8.9. Климатическое районирование территории для рекреационных целей

Перспективность и привлекательность мест оздоровления, отдыха и туризма наряду с другими факторами во многом предопределяются благоприятными природно-климатическими условиями окружающей среды.

Для оценки степени благоприятности или комфортности внешней среды по погодным условиям обычно используются комплексные биоклиматические показатели:

- эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) в приземной внешней среде;
- температура кожного покрова человека, одетого по сезону и находящегося вне дома, в приземной воздушной среде.

Об ЭЭТ уже говорилось выше; этот показатель обычно определяется по данным многолетних метеорологических и актинометрических наблюдений.

О температуре кожного покрова в зависимости от погодных условий и одежды человека будет сказано ниже. Однако, оба показателя, будучи взаимосвязаны и обусловлены, объективно отражают самочувствие человека по теплоощущениям.

Исследованиями медиков, физиологов и климатологов установлено, что теплоощущения человека являются комфортными, когда эквивалентно-эффективная температура наружного воздуха находится в пределах от +16,7 до +20,6°С, а температура кожного покрова человека при этом находится в пределах от 32,2 до 33,2°С.

Таким образом, ЭЭТ и тепловые ощущения по температуре кожного покрова человека могут быть использованы в качестве критериев для оценки степени благоприятности или комфортности территории и ее окружающей среды [10].

В Институте географии АН СССР исходя из указанных критериев Н.А. Даниловой были рассмотрены и решены следующие вопросы [14]:

1. По метеорологическим и актинометрическим данным ряда районов городов, находящихся в различных географических поясах европейской территории страны (ЕТС), определена продолжительность благоприятного и неблагоприятного периода для отдыха и туризма (табл.15).

Таблица 15

Средняя многолетняя продолжительность комфортного периода на ЕТС

Город	Комфортный период, дней												Средняя многолетняя продолжительность за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сыктывкар	0	0	0	0	1	7	11	7	1	0	0	0	27
С-Петербург	0	0	0	0	8	9	11	10	4	0	0	0	42
Рига	0	0	0	0	4	11	13	11	6	0	0	0	45
Нида	0	0	0	2	5	10	12	11	2	3	0	0	45
Москва	0	0	0	4	8	11	12	13	9	4	0	0	61
Камышин	0	0	0	2	10	13	15	14	9	1	0	0	63
Кировоград	0	0	0	5	12	16	17	16	11	4	0	0	81
Ялта	0	0	1	4	11	20	21	21	18	10	2	1	109
Геленджик	0	0	0	4	12	20	18	18	17	14	6	1	111
Сочи	0	0	1	4	12	19	19	19	17	14	7	1	115

2. Построены годовые графики помесячного распределения комфортных и дискомфортных погод для рода городов ЕТС (рис.36).

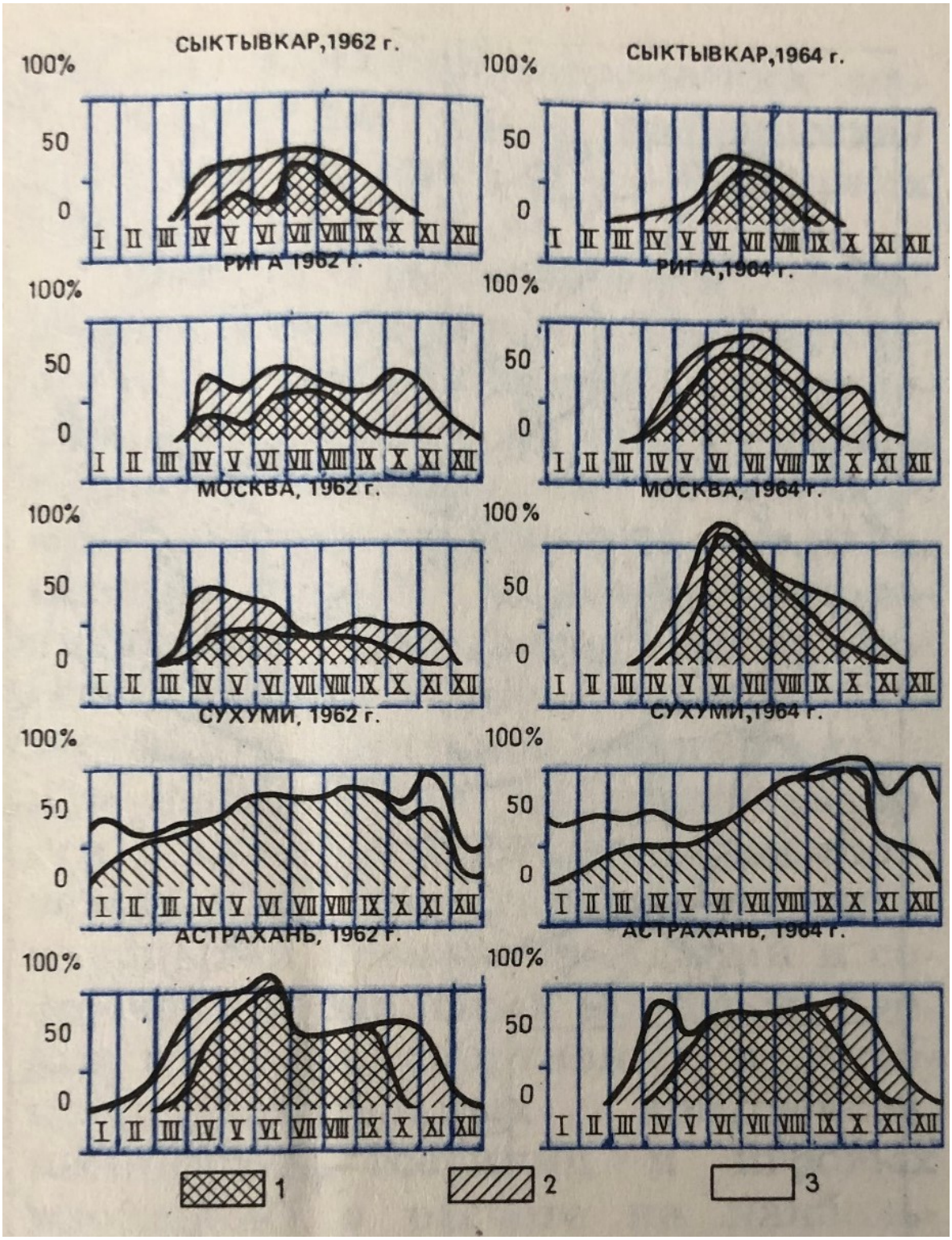


Рис. 36. Среднегодовое распределение комфортных, субкомфортных и дискомфортных погод в различных частях ЕТС (в % дней месяца) 1 - повторяемость дней с комфортной погодой; 2 - то же, с субкомфортной погодой; 3-то же, с дискомфортной погодой 3.

Предложено районирование ЕТС по продолжительности комфортного периода для рекреационных целей (рис.37).

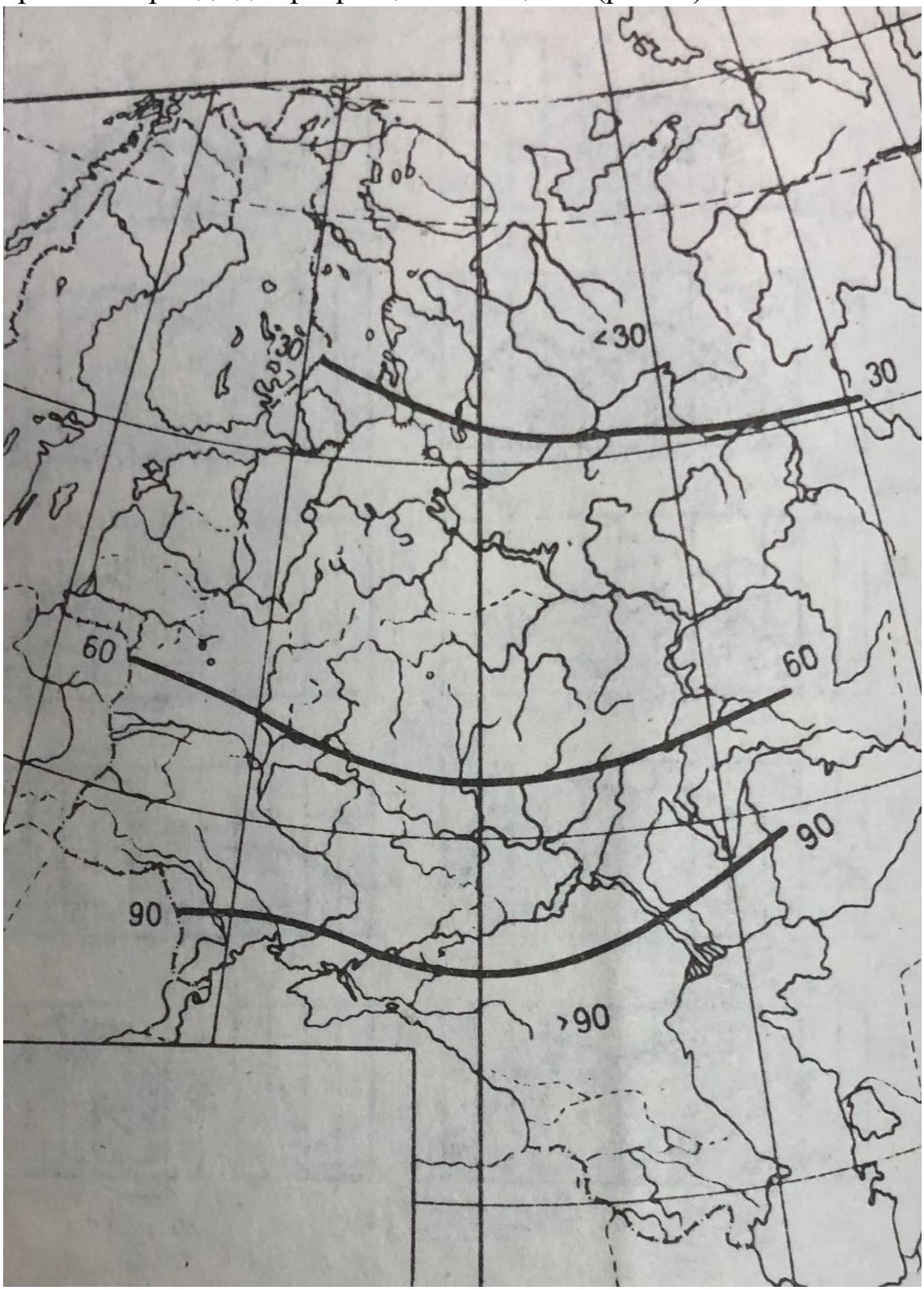


Рис.37. Районирование ЕТС по продолжительности комфортного периода для рекреационных целей

При решении перечисленных задач были приняты во внимание и учтены следующие положения:

- комфортные тепловые ощущения человека определяются с учетом теплоизоляционных свойств одежды по сезону и изменения теплорегулярных систем организма человека;
- районирование территории для рекреационных целей по числу благоприятных дней в году, приуроченных к летнему сезону, поскольку массовый отдых и туризм падают на этот период.

Резюмируя все изложенные относительно климатических условий территории, используемых для отдыха, туризма и оздоровления, можно сделать следующие выводы:

1. Комфортность погодных условий, обусловленная термическим режимом, изменяется в зависимости от географической широты и характера подстилающей поверхности.

2. По числу комфортных дней за год ЕТС с севера на юг можно разделить на четыре поясных района: район I - северный с числом комфортных дней менее 30; район II - средняя полоса с числом комфортных дней от 30 до 60; район III - между средней и южной полосой с числом комфортных дней от 60 до 90; район IV - южный с числом комфортных дней более 90.

3. Изолинии по среднегодовому числу комфортных дней располагаются в широтном направлении, отклоняясь от него под воздействием циркуляционных процессов и характера рельефа подстилающей поверхности.

4. Ландшафтные особенности территории и ветровой режим во многом предопределяют величину облачности, увлажнения воздуха, смену погоды одного термического режима другим.

5. Во внутригодовом распределении комфортных, субкомфортных и дискомфортных погод для прибрежных районов Прибалтики и С.-Петербурга наблюдается тенденция смещения максимума субкомфортных погод на весенне-осенние месяцы.

6. Уменьшение числа с комфортной погодой для северных районов происходит за счет прохладной погоды, а в южных районах - за счет жаркой погоды, неблагоприятно воздействующей на организм человека.

Во всех районах ЕТС наибольшее количество дней комфортной погоды падает на три летних месяца - июнь, июль, август, уменьшаясь в северной и увеличиваясь в южной части территории.

По методике, разработанной Н.А. Даниловой, можно продолжить районирование и распространить его на азиатскую часть (АТС). Следует лишь заметить, что наличие жарких и пустынных районов на юге Средней Азии и зоны вечной мерзлоты на северо-востоке страны, безусловно, осложнит поставленную задачу - потребует более обстоятельного изучения метеоданных и актинометрических наблюдений для учета особенностей погодных условий названных районов [61].

Данные о районировании территории страны по степени благоприятности погодно-климатических условий используется на стадии схемы районной планировки при выборе мест для размещения баз отдыха, центров туризма и лечебно-оздоровительных комплексов; на стадии генерального плана, проекта застройки и детальной планировки - при определении продолжительности рекреационного периода и соответственно проектировании капитальных и временных зданий и сооружений (спальных корпусов, блоков питания, спортивных и лечебно-оздоровительных комплексов, кемпингов, гостиниц и игровых площадок) в расчете на наибольшую пропускную способность в эти периоды.

8.10. Климатическое районирование Севера

Как уже отмечалось, северо-восточная часть территории страны, приблизительно за границей вечной мерзлоты, характеризуется суровыми погодно-климатическими условиями.

К особенностям погодно-климатических условий севера, в отличие от условий средней и южной полос, относятся:

- холодная погода и низкая температура воздуха окружающей среды на протяжении длительного периода года;
- повышенная влажность воздуха, большие скорости ветра, бури и обильные снежные заносы территории.

Во взаимодействии пониженных температур и повышенной влажности воздуха, при повышенных скоростях ветра формируется неблагоприятный термический режим, сопровождаемый большими потерями тепла организмом человека.

Задача заключается в том, чтобы разработать географическую основу для типологии мероприятий, предназначенных компенсировать

климатические условия средствами планировки и благоустройства застраиваемых территорий.

В качестве критериев для оценки степени влияния климата севера на человека и районирования территории сотрудники МГУ С.А. Ракита и М.В. Климович предложили ряд количественных показателей [14]:

- потенциал охлаждения человека, зависящий от продолжительности и величины охлаждающего воздействия комплекса климатических факторов и измеряемый в тыс. град/сут;
- показатель изменчивости погодных условий - межсуточная амплитуда атмосферного давления $P_{атм}$ более 20 мб, повторяемость свыше 1%;
- коэффициент общей дискомфортности климата $K_д$ - количество дискомфортных дней в году, в течение которых наблюдалось одно из трех погодно-климатических явлений: температура воздуха ниже - 30°, штормовой ветер, ливневые осадки.

В дополнение к перечисленным биоклиматическим показателям предложен также ряд показателей, характеризующих воздействия на здания и сооружения:

- минимальная температура наружного воздуха вероятностью 0,1% - Q_1 (°С);

- максимальная скорость ветра вероятностью 5 % - $V_{0.05}$ (м/с);

- максимальная снеговая нагрузка, возможная раз в 20 лет, - $F_{0.05}$ (10 Па);

- максимально возможный объем снегопереноса за зимний период - S ($м^3$/ м);

- потенциал комплексного охлаждающего воздействия метеофакторов на отапливаемые здания - Q_2 (тыс. град/сут).

По совокупному учету метеорологических факторов на основании данных, полученных от местных метеостанций, были рассчитаны перечисленные характеристики и предложено районирование территории Севера по воздействию низких температур, ветра и осадков на человека и здания (рис. 38).

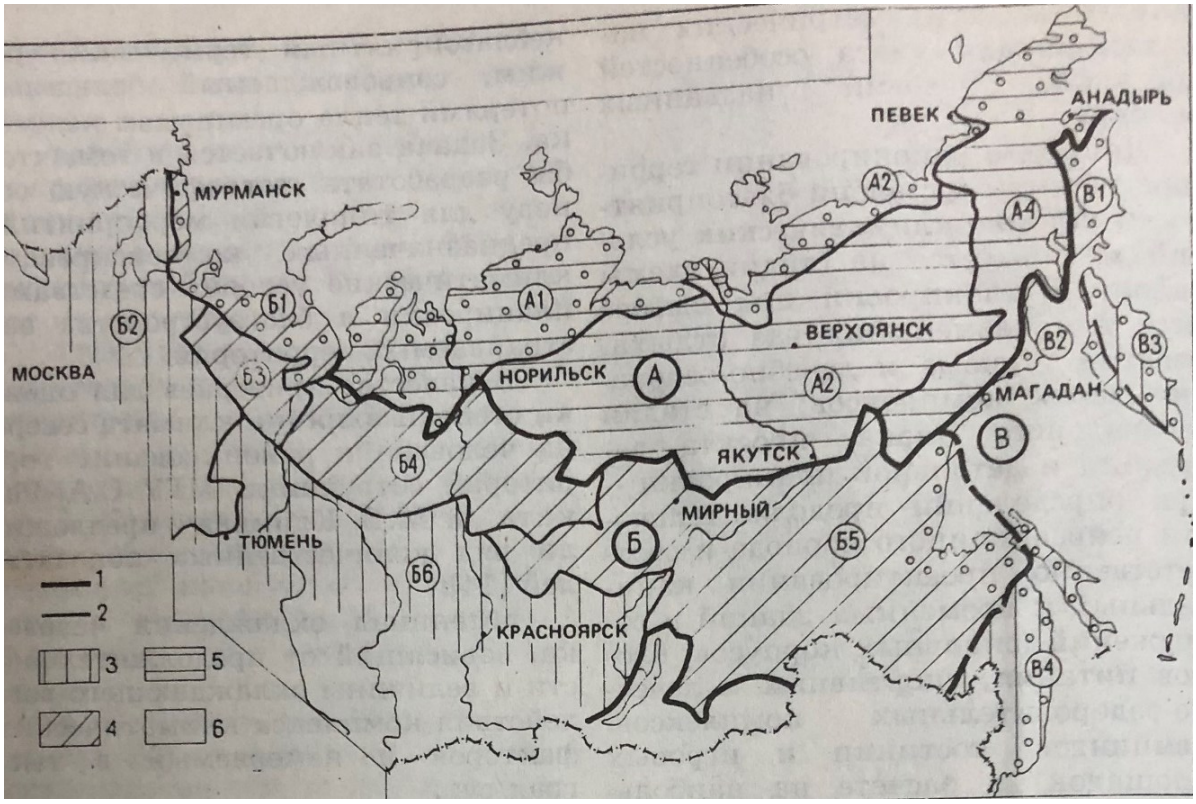


Рис.38. Климатическое районирование севера страны для целей градостроительства: границы; комплексное охлаждающее воздействие метеофактора на тело человека (в % от показателя для Москвы) 1 - областей; 2 - зон; 3 - 120 - 150%; 4 - 150 - 200%; 5 - более 200%; 6 – повторяемость межсуточной амплитуды атмосферного давления более + 20 мб, свыше 1%

При этом в пределах северной части выделились три основные зоны и 14 областей (табл.16).

Таблица 16

Воздействие низких температур, ветра и осадков на человека, здания и сооружения

Климатические зоны и области	Показатели							
	Q_1	$P_{атм}$	$K_д$	$Q_{мин}$	$V_{0,05}$	$F_{0,05}$	S	Q_2
Зона А	12,7	До 7	0,29	-52	34	150	600	6,2
Область:								
А-1	15,1	-	0,35	-48	40	190	1350	6,6
А-2	14,4	-	0,32	-48	38	130	600	6,5
А-3	12,9	0,1-1,0	0,30	-55	30	120	260	6,1
А-4	12,7	1,0-3,0	0,26	-47	40	190	300	5,4

Окончание табл. 16

Зона Б	10,5	-	0,14	-45	32	160	370	3,2
Область:								
Б-1	12	3,0-5,0	0,15	-38	39	170	970	3,7
Б-2	8	0,1-1,0	0,10	-39	27	190	430	2,1
Б-3	10,2	1,0-3,0	0,13	-46	32	190	600	3,2
Б-4	11,5	1,0-3,0	0,20	-53	30	220	400	3,5
Б-5	10,2	0,1-1,0	0,18	-48	34	120	150	4,0
Б-6	9,2	0,1-1,0	0,11	-46	30	150	280	3,0
Зона В	9,2	-	0,17	-43	45	300	600	3,0
Область:								
В-1	12,1	до 7	0,25	-36	49	230	600	4,5
В-2	9,6	1,0-3,0	0,17	-32	46	310	630	3,3
В-3	8,5	1,0-3,0	0,20	-34	42	390	550	2,4
В-4	7,9	1,0-3,0	0,14	-33	44	250	400	2,3

Зона А характеризуется экстремальными значениями погодно-климатических показателей по воздействию на организм человека, здания и сооружения.

Зона Б является промежуточной по климатическим показателям между районами с исключительно неблагоприятными условиями для человека и районами цента и Урала, хорошо освоенными и заселенными [25].

Зона В, восточная окраина страны, характеризуется специфическим сочетанием экстремальных условий по динамическому воздействию (ветер, осадки, снегозаносы) и относительно умеренными показателями по термическому режиму территории.

Делением зон на области подчеркиваются внутризональные различия в структуре и величине климатических воздействий на человека, здания и сооружения.

По преобладающему воздействию элемента климата на территории Севера выделяются четыре района:

1) ливневых осадков и штормовых ветров (более 50% дней);

2) штормовых ветров летом и сильных метелей зимой;

3) низких температур воздуха (до 70% дней);

4) с небольшими величинами коэффициентов дискомфортности при невозможности выявления преобладания роли какого-либо фактора.

Тепловая дискомфортность момента для человека определяется величиной отклонения от «комфортных условий», которые характеризуются температурой воздуха +20°С при относительной влажности 50% и штиле.

Темы докладов и сообщений

1. Общие и комплексные показатели климата: от климатической нормы до индексов сухости и эффективной температуры
2. Учение о физико-географической зональности: от Докучаева до наших дней и его прикладное значение
3. Дорожно-климатическое районирование России: принципы, зоны и их влияние на проектирование и эксплуатацию дорог
4. Строительно-климатическое районирование (СНиП): критерии, районы и их особенности для проектирования зданий
5. Районирование по эффективным температурам: методика Анапольской и Гандина для оценки суровости климата и теплопотерь зданий
6. Световой климат: показатели, районирование территории и его значение для архитектуры и градостроительства
7. Радиационное тепло на поверхности: закономерности распределения по территории и ориентации стен зданий
8. Районирование для рекреации: оценка комфортности погодных условий и выбор территорий для отдыха и туризма
9. Климатическое районирование Крайнего Севера: специфика, критерии оценки дискомфортности и зонирование
10. Сравнительный анализ различных систем климатического районирования (строительного, дорожного, светового) и их практическое применение

Контрольные вопросы

1. Что понимается под климатической нормой?
2. Чем различаются абсолютная амплитуда и среднесуточная амплитуда колебаний метеоэлемента?
3. Приведите пример комплексного климатического показателя и объясните его назначение (например, термическая роза ветров, индекс сухости Будыко).

4. Что такое эффективная (эквивалентно-эффективная) температура (ЭЭТ) в контексте теплоощущений человека?

5. Как определяется и в каких пределах находится «зона комфорта» для человека по этому показателю?

6. Чем отличается ЭЭТ для теплоощущений человека от ЭЭТ для теплопотерь здания?

7. На каком учении основано физико-географическое районирование, и кто его основоположники?

8. Какая карта является основой для почвенно-климатического зонирования территории России и почему?

9. Назовите несколько основных типов почв, последовательно сменяющих друг друга от севера к югу.

10. Какой фактор является определяющим при дорожно-климатическом районировании?

11. На сколько зон делится территория страны по этому принципу?

12. Охарактеризуйте кратко зону 1 (северо-восточную) и зону 5 (засушливую), указав ключевые особенности их водно-теплового режима и ландшафта.

13. На совокупном учёте каких трёх метеорологических показателей основано климатическое районирование для строительства согласно СНиП?

14. На сколько зон (районов) и подрайонов делится территория?

15. Почему показатели ветра и влажности в этой классификации даются менее дифференцированно, чем температура?

16. Какие показатели теплового режима зданий были предложены Л.Е. Анапольской и Л.С. Гандиным для районирования?

17. Какой основной критерий (формула) использовался для оценки суровости климата для строительства?

18. Как меняется суровость климата по территории страны согласно их выводам?

19. Что такое световой климат и каковы его основные показатели?

20. Какой показатель был принят за основной критерий для светоклиматического районирования территории?

21. На сколько районов делится территория и каков принцип их выделения (например, как определена центральная зона)?

22. На основе какого показателя предложено деление территории на четыре зоны для жилищного строительства с точки зрения получения радиационного тепла?

23. Какова общая закономерность изменения максимума прямой радиации на южную стену с севера на юг?

24. Как влияет ориентация стены на количество получаемого ею тепла в разных зонах?

25. Какие два комплексных биоклиматических показателя используются для оценки комфортности территории для отдыха и туризма?

26. На сколько поясных районов делится Европейская территория страны (ЕТС) по числу комфортных дней в году?

27. Какова общая тенденция распределения комфортных дней по месяцам на всей территории?

28. Каковы особенности погодно-климатических условий Севера?

29. Назовите три предложенных количественных показателя для оценки воздействия климата Севера на человека.

30. На какие три основные зоны (А, Б, В) делится северная часть страны по комплексному охлаждающему воздействию, и чем они характеризуются?

Глава 9. КЛИМАТОЛОГИЯ ГОРОДА

9.1. Особенности климата крупных городов

Как уже отмечалось, климатическая ситуация любого места в вертикальном разрезе может быть охарактеризована на трех уровнях: микроклимат, местный (мезо) климат и макроклимат.

Макроклиматические явления наблюдаются вне сферы возмущения атмосферы, вызываемого особенностями подстилающей поверхности, на высоте десятков и даже сотен метров.

Микроклимат формируется во взаимодействии солнечной радиации с природными факторами географической среды крупного масштаба.

Мезоклимат формируется во взаимодействии общеклиматических факторов с природными факторами подстилающей поверхности местного масштаба - это наличие крупного водоема, лесного массива, города и т.д.

Особенности мезоклимата наблюдается и проявляются в слое воздуха над дневной поверхностью от 2 до 20 м и более, ослабляясь с высотой [62].

Микроклимат объединяет физические явления, происходящие в непосредственной близости к почвенной поверхности на высоте роста человека 1,5 -2 м, усиливаясь по мере приближения к почвенному покрову. И если вне города, за пределами градосферы, климат региона на всех трех уровнях предопределяется природными факторами, то внутри города, в городской среде, решающее значение приобретают градостроительные факторы.

К ним относятся:

- промышленная, жилая и культурно-бытовая застройка различной этажности;
- инженерные сооружения различного назначения;
- улицы, площади, спортивные и игровые площадки с искусственными покрытиями.

Технологические процессы индустрии и энергетики, работа городского транспорта и многообразных установок с диагоналями внутреннего сгорания, выбросы в воздушный бассейн отработанных газов и аэрозолей изменяют газовый состав атмосферы, серьезно влияя на ее состояние.

В связи с этим над городом существенно меняется метеорологический режим и образуется свой особый местный (мезо) климат:

- на 10 - 25% уменьшается приток прямой солнечной радиации к деятельной поверхности;
- вследствие эффективного излучения отдельных участков деятельной поверхности, в том числе от энергетических установок, в городской среде образуются «острова тепла», в которых доля техногенного тепла может, доходить до половины радиационного;
- температура воздуха в городе, в связи с этим может быть выше окружающей на 7 - 15°С;
- вследствие наличия ядер конденсации, аэрозолей в воздухе количество атмосферных осадков над городом увеличивается зимой на 50%, летом на 15% и прослеживается на 40 - 50 км с его подветренной стороны;
- по сравнению с пригородом в суточном ходе осадков наблюдаются два максимума - ранним утром и ранним вечером;
- поверхностный сток атмосферных осадков с городских территорий из-за искусственных покрытий в несколько раз превышает сток с почвенных покровов пригородов;
- воздух над городом суше в среднем на 5 - 10%, достигая относительной влажности 30 - 40% в летние вечера, если улицы не поливаются;
- повторяемость туманов в промышленном городе бывает в 1,5 - 2 раза больше, чем в его окрестностях.

На туманы техногенная городская среда воздействует двояко: повышается температура и понижается влажность воздуха, препятствуя их образованию; повышенное количество ядер конденсации (аэрозолей) способствует образованию туманов-смогов, химически часто весьма агрессивных.

Смоговые явления характерны в рабочие дни и ослаблены в нерабочие.

«Тепловой колпак» города из-за снижения давления в воздухе «притягивает» верхние слои охлажденной атмосферы вместе с облаками. Поэтому нижняя граница облаков над городом оказывается на 100 м ниже, чем в окрестностях, а восходящие токи образуют местную кучевую облачность.

Микроклимат городских территорий наряду с общеметеорологическими факторами предопределяется главным образом ветровым режимом, особенностями и характером подстилающей поверхности.

Повышенная шероховатость поверхности городских территорий с разноэтажной застройкой существенно влияет на характер воздушной циркуляции. Одной из наиболее существенных особенностей деятельной поверхности города является наличие в нем множества полузамкнутых пространств, образованных застройкой.

Вследствие взаимного облучения вертикальных и горизонтальных поверхностей и ослабленного проветривания внутри полузамкнутых пространств затрудняется теплоотдача излучением в окружающую городскую среду. Эту особенность деятельной поверхности можно охарактеризовать закрытостью горизонта.

Закрытость горизонта в микрорайоне зависит от плотности и этажности застройки и определяется отношением площади, затеняемой жилыми зданиями от солнца в течение нормируемого времени, к площади жилой территории. Определяется она расчетом с построением «конверта теней» и находится в пределах 25 - 75% жилой зоны.

Вторая особенность деятельных поверхностей города – наличие разного рода покрытий (крыш домов, дорог, площадей), занимающих до 50% городских территорий, практически неводопроницаемых, с низкой отражательной способностью для солнечной и высокой теплоемкости для тепловых длинноволновых лучей.

На фоне мезоклимата города в пристенных и приземных слоях атмосферы вследствие указанных особенностей деятельных поверхностей формируются свои особые условия микроклимата.

Так, наличие «пестроты» температур у поверхностей различных покрытий, обусловленное их различными теплофизическими свойствами, экспозицией и частичным затенением, приводит к тому, что:

- температура, например, асфальтового покрытия на солнце может на 25°С превышать температуру воздуха на уровне 2 м, а температура зеленого газона - на 10°С;
- интенсивность теплового излучения от поверхности может достигать величины 700 - 840 кВт/м^2, равной величине прямой солнечной радиации в полдень;

- по мере приближения к деятельной поверхности резко возрастает температура воздуха до 2°С на уровне 0,2м от приземной и до 8°С на расстоянии от пристенной поверхности;
- вследствие снижения скорости ветра по мере приближения к деятельной поверхности, особенно на озелененных участках, снижается эквивалентно-эффективная температура воздуха и повышается комфортность жилой среды для человека;
- влажность воздуха у перегретой поверхности дорожных покрытий и у стен снижается на 5 - 10%.

Наряду с застройкой микроклимат отдельных участков селитебных территорий во многом определяется элементами благоустройства.

По характеру воздействия на микроклимат элементы благоустройства можно разделить на две группы:

- покрытия проездов, дорожек, площадок;
- зеленые насаждения, водоемы и водные устройства.

Искусственные покрытия (первая группа), обладая низкой отражательной способностью для солнечных лучей (от 10 до 27%) и особенно для длинноволновых тепловых лучей (до 11%), трансформируют до 90% всей лучистой энергии в тепло. Это тепло идет на нагрев деятельной поверхности и прилегающих слоев воздуха и почти не расходуется на испарение влаги, потому что водонепроницаемость искусственных покрытии препятствует инфильтрации осадков и приводит к образованию деятельного слоя.

Известно, что количество тепла, поступающего в воздух, определяется не только радиационным балансом, но и расходом тепла на испарение. Зной пустынь объясняют резким сокращением расхода тепла на испарение. Оазисы являются лучшим тому подтверждением.

Влияние элементов благоустройства, относящихся к первой группе, на теплоощущения человека может быть двояким:

- положительное - в прохладное время года (весна, осень) при солнечной погоде, когда аккумулируемое деятельной поверхностью тепло, переходя во внешнюю среду конвекцией и излучением, улучшает тепловое ощущение человека;
- отрицательное - в жаркую погоду, когда тепло, отдаваемое перегретой деятельной поверхностью, создает ощущение угнетающей духоты.

Элементы благоустройства второй группы, особенно различные формы озеленения, создают наиболее благоприятный микроклимат для человека.

Благоприятное влияние зеленых насаждений на микроклимат жилой территории проявляется в различных аспектах.

Основная функция зеленых насаждений - очистка и обогащение воздуха кислородом, фитонцидами, а также обеспечение воздуха обмена.

На участках с зелеными насаждениями изменяется радиационный режим благодаря защите горизонтальных и вертикальных поверхностей кронами деревьев, отражающих значительную часть лучистой энергии, и расходу поглощенного листьями тепла на транспирацию влаги и другие биохимические процессы. Поэтому температура крон не отличается от температуры воздуха.

В зависимости от густоты насаждений напряжение солнечной радиации под кронами деревьев снижается до 86% по сравнению с открытой площадкой.

Радиация, пропущенная сквозь листья деревьев и кустарников, а также отраженная от них, не только ослабляется, но и изменяется по спектральному составу. По данным Р. Гейгера, растения наиболее восприимчивы к той части спектра, в которой Солнце излучает большее количество энергии, а в остальной части спектра более высокому альбедо соответствует больший коэффициент прозрачности [29].

Вьющиеся настенные растения (виноград пятилистный, каприфоль обыкновенная, плющ обыкновенный) пропускают 10 - 19% солнечной радиации, вследствие чего нагрев стены снижается на 8 - 12°С.

Зеленые насаждения предохраняют почву от нагрева, при этом однорядные посадки деревьев на улицах понижают температуру почвы на 6°С, а загущенные насаждения в скверах - на 22 - 24°С по сравнению с температурой почвы неозелененного участка в городе.

Температура воздуха среди зеленых насаждений снижается в среднем на 3 - 4°С, максимально - на 6 - 7°С. Испаряемая листьями влага восполняет дефицит влажности городского воздуха, причем создается оптимальное для теплоощущений человека соотношение температуры и влажности воздуха.

Степень влияния зеленых насаждений на температурно-радиационный режим зависит от величины и планировочной структуры зеленого массива, особенностей различных пород деревьев: роста, плотности крон, структуры и формы деревьев.

Таким образом, застройка и элементы благоустройства первой группы способствуют перегреву, создавая дискомфорт городской среды в летнее время, а зеленые насаждения и водоемы, являясь очагами прохлады, способствуют созданию комфортных условий для человека.

9.2. Ландшафтное зонирование и климатическое районирование территорий крупных городов

На территории крупного города по функциональному назначению обычно выделяется шесть зон [30]:

- селитебная,
- промышленная,
- коммунально- складская,
- внешнего транспорта,
- рекреационная,
- санитарно-защитная.

Кроме того, в зависимости от местных условий, производственного профиля и планировочной структуры города в его составе могут быть зоны: НИИ, КБ, вузов, общественных центров, парков, пригородных лесопарков.

В совокупности указанные зоны, вписанные вместе с застройкой, инженерными сооружениями и внешним благоустройством в природный ландшафт, образуют городскую среду.

Вследствие большой неоднородности постилающих поверхностей внутри самих зон и разнообразия планировочной организации на их территории формируются свои особые микроклиматические условия, отличные от фоновых показателей.

В качестве примера деления на ландшафтные зоны, мезоклиматические районы и микроклиматические подрайоны и участки был взят город с населением около 1,5 млн человек, расположенный на границе II и III климатических зон, при слиянии двух больших рек в средней полосе страны (рис.39).

Город разделен на пять ландшафтных зон, и соответственно в их составе выделено девять типологических районов с микрорайонами и участками, характерными по микроклиматическим показателям (табл.17).

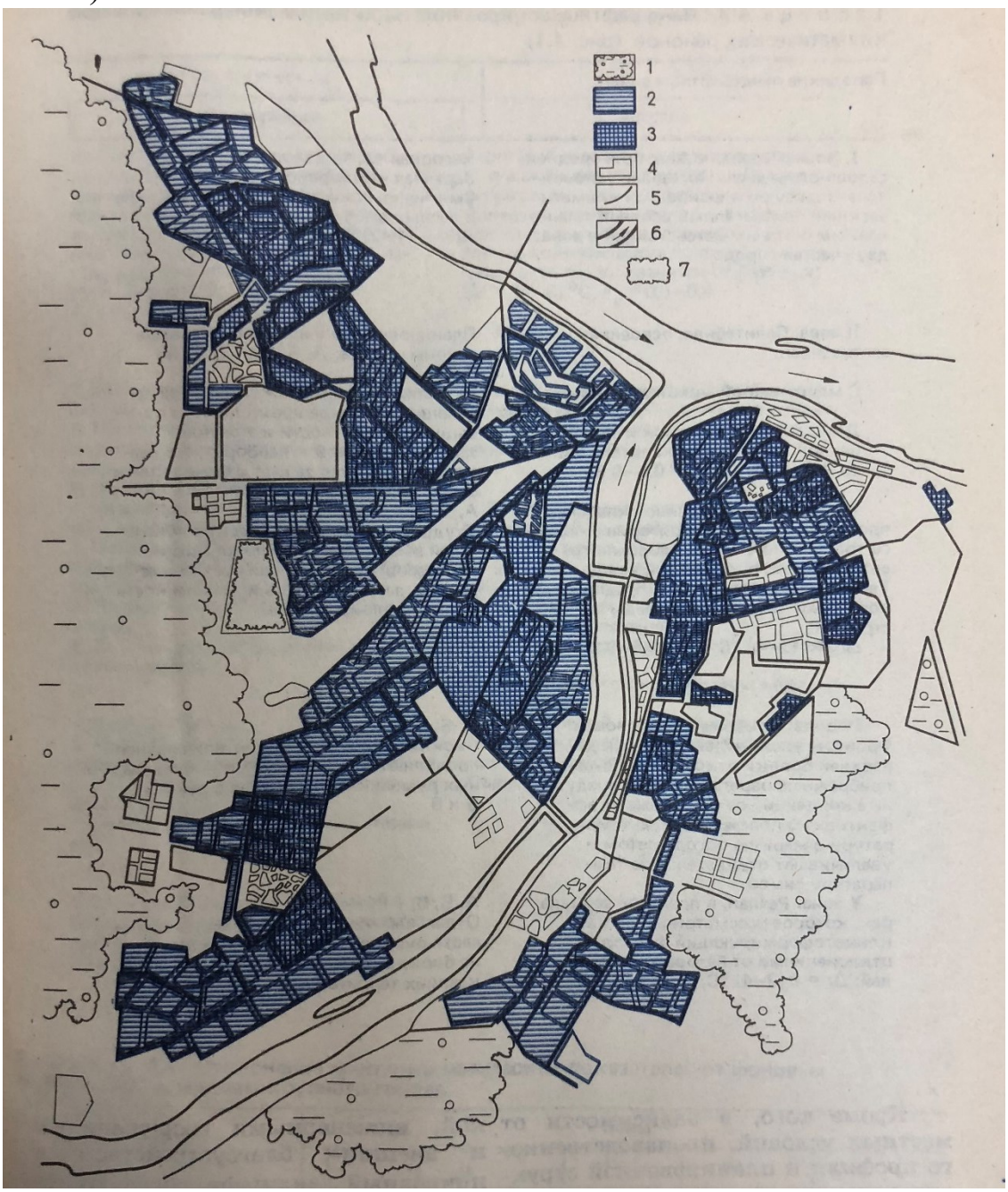


Рис. 39. Ландшафтное зонирование и климатическое районирование территории крупного города 1-1 зона - лесопарковая пригородная; 2 - II зона - селитебная малоэтажная некапитальная застройка; 3 - жилая и общественная капитальная застройка; 4 - Ш зона - промышленная; 5 - 1Y зона – прибрежно- склоновая; б - Y зона - речная; *7* - внутригородские зеленые насаждения

Таблица 17

Ландшафтное зонирование и климатическое районирование климатических районов

городские ландшафтные зоны	районы	микрорайоны	участки
I Зона Лесопарковая, пригородная, садово-огородная. Погодные условия характеризуются фоновыми климатическими показателями соответственно по данным базовых метеостанций в зонах двух частей города	Нагорная часть: районы А и Б. Заречная часть: районы В и Г. Смягчение показателей за счет рельефа и лесных массивов	Ботанический сад, сады, парки, зеленые массивы и полосы в пределах административных районов. Микроклиматические показатели предопределяются видом и характером подстилающей поверхности (лесом, кустарником, газоном, микрорельефом)	Заросшие лесом и кустарником овражные и склоновые территории. Садово-огородные участки и питомники. Зеленые шлейфы и полосы, вклинивающиеся в селитебные территории. Микроклиматические показатели на поверхности почвы разнятся от базовых
II зона Селитебная, освоенная и застроенная	Планировочные и административные районы города: А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, 3, И Биоклиматические показатели ухудшающие в жаркое время летом с повышением плотности и этажности застройки, зимой - наоборот, показатели улучшаются за счет отдачи тепла и ослабления ветров застройкой А, Б, В, Г, Д	1. Жилые районы, кварталы и микрорайоны 2.Производственно-жилые районы и территории предприятий, не имеющих вредных выбросов 3. Сады и парки общего пользования	Улицы, площади, скверы, зеленые насаждения микрорайонов, жилые и общественные территории микрорайонов, территории школ и детских садов

Окончание табл. 17

III зона Промышленно-складская, производственная, территории внешнего транспорта (железнодорожного, автодорожного, водного и воздушного). Тепловые излучения промпредприятий повышают температуру среды застройки	Ухудшение биоклиматических показателей за счет энерготехнологических процессов; интенсивный расход кислорода, загазованность и запыленность среды, теплоизлучение	1. Территории предприятий с безотходным и безвредным процессом. 2. Санитарно защитные зоны и полосы промпредприятий с вредными выбросами, превышающими ПДК. 3. Полоса железной дороги со станциями и депо. Автовокзалы, СТО, речные и воздушные порты	1. Внутризаводские территории, с плотной промзастройкой; дороги и зоны промтранспорта; участки и площадки открытого хранения и установки технологического и энергетического оборудования; 2. Территории складов различного назначения. 3. Площадки отстоя и хранения подвижного состава
IV зона Прибрежно-склоновая Фронтом уреза воды обеих рек до верхней бровки откосов, включая прибрежные овраги. Ветры и воздушные конвенции от рек снижают эффективную положительную температуру в жаркую погоду летом и увеличивают отрицательную температуру зимой	А, Б, В, Г Биоклиматические показатели сильнее проявляются в районах А и Г при северных румбах ветров, слабее в районах Б и В	1. Территории предприятий с безотходным и безвредным процессом. 2. Санитарно-защитные зоны и полосы промпредприятий с вредными выбросами, превышающими ПДК. 3. Полоса железной дороги со станциями и депо. Автовокзалы, СТО, речные и воздушные порты	Участки пляжей и набережных Участки склонов и откосов различной крутизны и экспозиции. Овраги
V зона Речная, в пределах зеркала рек, которое рассматривается как климатоформирующий фактор с отклонениями от базовых показателей	А, Б, В, Г Отдельные устьевые, верхние и нижние части русел рек, поразному влияющие на биоклиматические показатели примыкающих территорий	Отдельные части русел рек правой и левой сторон от оси по течению разнятся ветровым режимом и загрязнением сточными водами	

9.3. Уравнение теплового баланса человека для оценки и прогнозирования микроклимата на жилых территориях

Для оценки и прогнозирования микроклиматических условий жилой территории, улицы, спортивной или игровой площадки, газона или участка с зелеными насаждениями воспользуемся уравнением теплового баланса человека, разработанным учеными

Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова.

Уравнение основано на том, что средняя температура поверхности кожи человека объективно отражает реакцию организма на воздействие трех основных микроклиматических показателей в окружающей среде — температуры, влажности и ветра - и выражается показателем теплового ощущения человека (°С). Так, комфортным теплоощущениям соответствует температура на поверхности кожи в пределах 32,2 - 33,2°С.

При температуре кожи 28°С, человеку холодно; 28,1 - 29,9°С – очень прохладно; 30 - 32,1°С - прохладно; 33,3 - 34,3°С - тепло; 34,4 - 35,5°, жарко; 35,6 - 36,6°С - очень жарко и т.д.

Уравнение теплового баланса человека составлено для загородных условий.

При использовании его в условиях города следует учесть особенность деятельной поверхности города - измененное соотношение теплопоглощающих поверхностей (деятельной поверхности) в городе по сравнению с открытой местностью загорода.

При регулировании условий микроклимата планировочными средствами нужно учитывать следующие закономерности, полученные при решении уравнения теплового баланса человека:

- повышение температуры воздуха на 1°С приводит к повышению температуры поверхности кожи на 1°С;
- увеличение интенсивности солнечной радиации на 0,1 ккал ($см^2$*мин) повышает среднюю температуру кожи на 1,2°С;
- повышение температуры окружающих предметов на 5°С способствует повышению температуры кожи на 0,9°С;
- с увеличением скорости ветра на каждые 0,1 м/с снижается температура кожи человека в пределах:

от 0,5 до 1,0 м/с	на 1,1°С
1,0-1,5	0,7
1,5-2,0	0,4
2,6-3,0	0,3
3,0-4,0	0,2

- с увеличением абсолютной влажности воздуха на 1 мб увеличивается температура кожи на 0,3°С;
- с изменением закрытости горизонта (которая может меняться в пределах от 25 до 75%) на каждые 15% изменяется температура кожи на 1°С.

Ниже излагаются результаты оценки условий микроклимата жилой территории, которые справедливы для любого микрорайона города, расположенного южнее I климатической зоны территории страны.

Расчетные параметры уравнения приняты по материалам статистической обработки многолетних данных замеров городской метеостанции (климатический фон города) с учетом микроклиматических показателей (поправок), полученных в результате наблюдений за микроклиматом.

В основу зонирования жилой территории положены особенности теплового баланса участков с различным благоустройством, их расположение относительно застройки и функциональное назначение:

- придомовая полоса шириной до 10 м (закрытость горизонта 0,75-0,55);
- проезды-тротуары вдоль стен домов на расстоянии 5 - 10 м (закрытость горизонта 0,65 - 0,50);
- различные площадки на расстоянии 20 м и более от стен домов (закрытость горизонта 0,50 - 0,25);
- озеленение.

Оценка условий микроклимата жилой территории проведена в соответствии с данной классификацией.

Результаты оценки представлены на графиках (рис.40-43) где показано изменение средней температуры кожи человека по часам для четырех зон жилой территории**.**

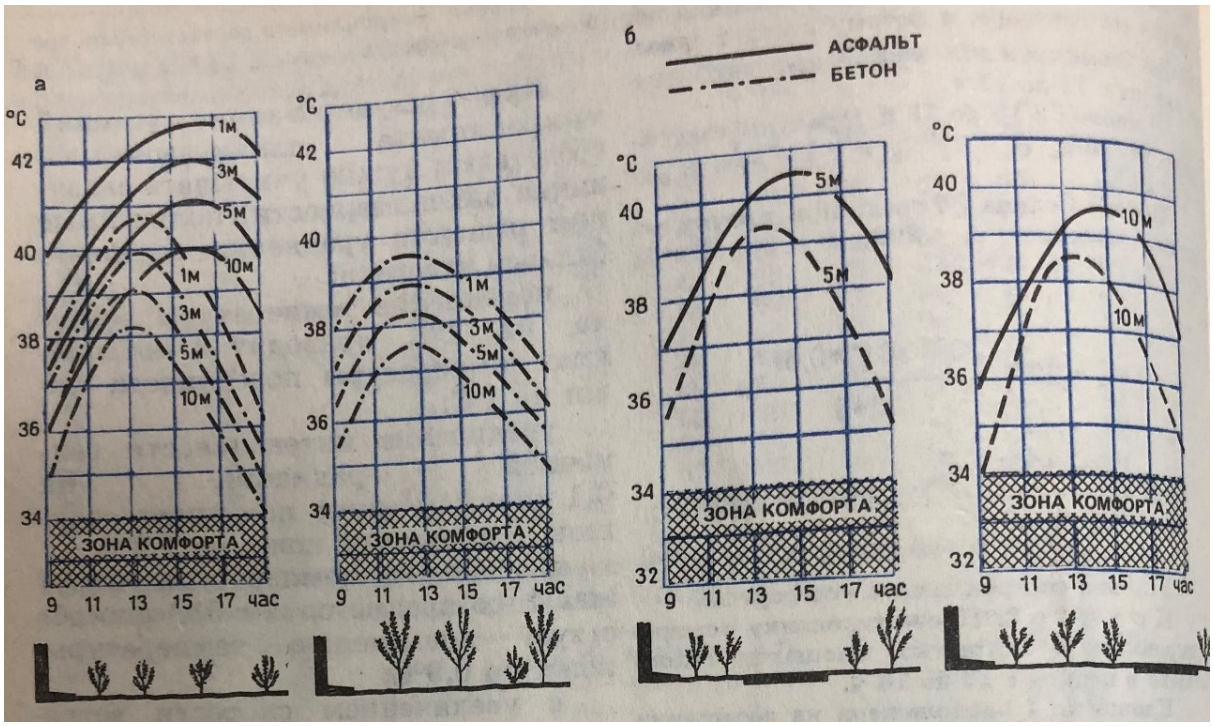


Рис.40. Изменение условия микроклимата придомовой полосы (а) и проездов-тротуаров (б) в зависимости от благоустройства, материала покрытия проезда и удаления от инсолируемых стен дома

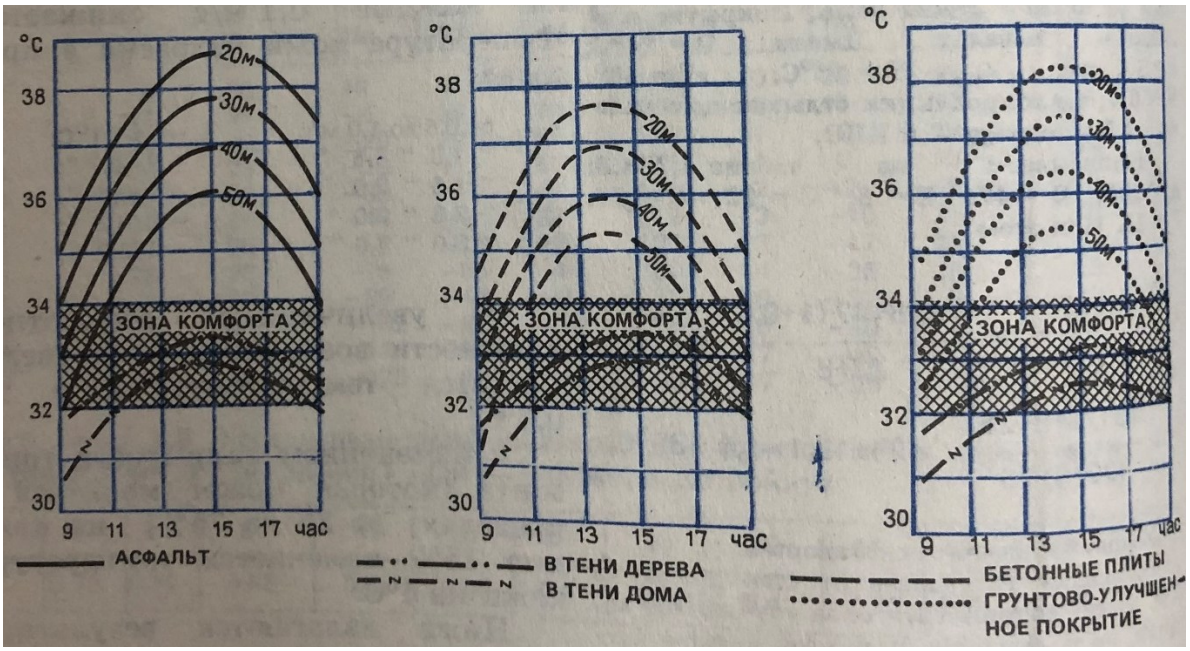


Рис. 41. Изменение условий микроклимата различных площадок в зависимости от материала покрытия и удаления от инсолируемых стен домов

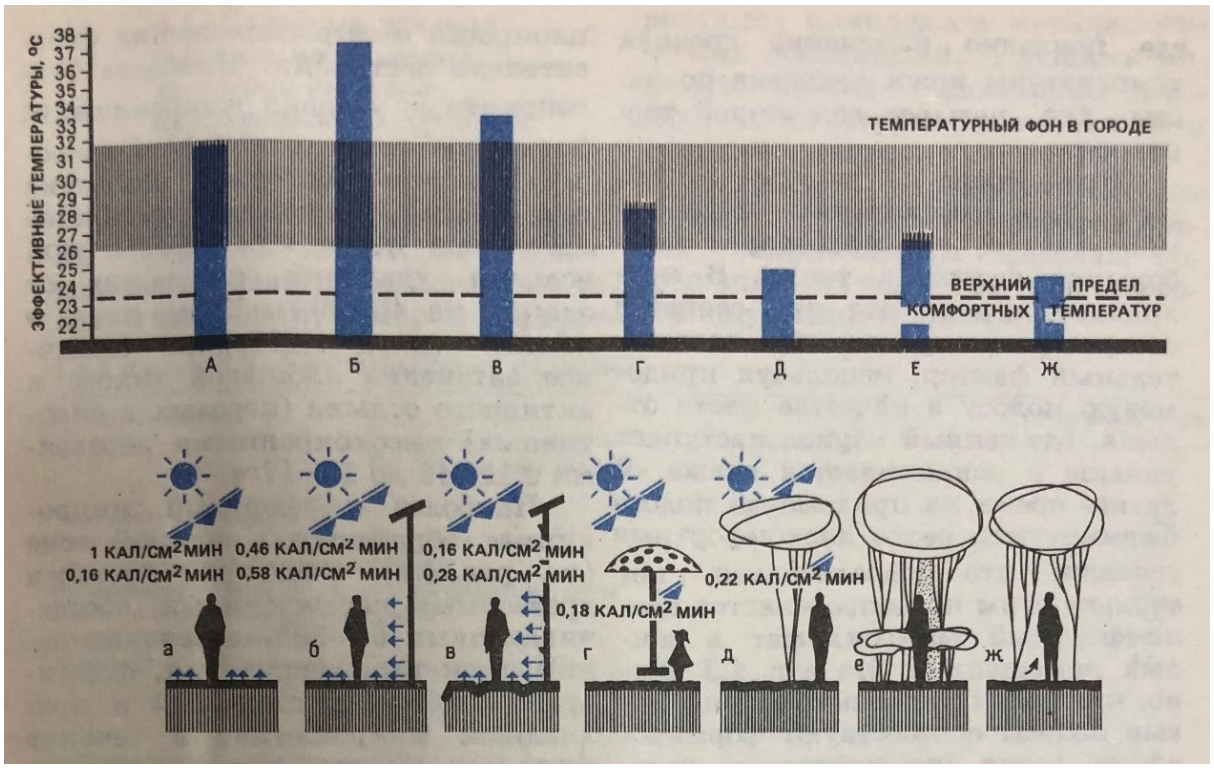


Рис. 42. Колебания эффективных температур на отдельных участках городской застройки

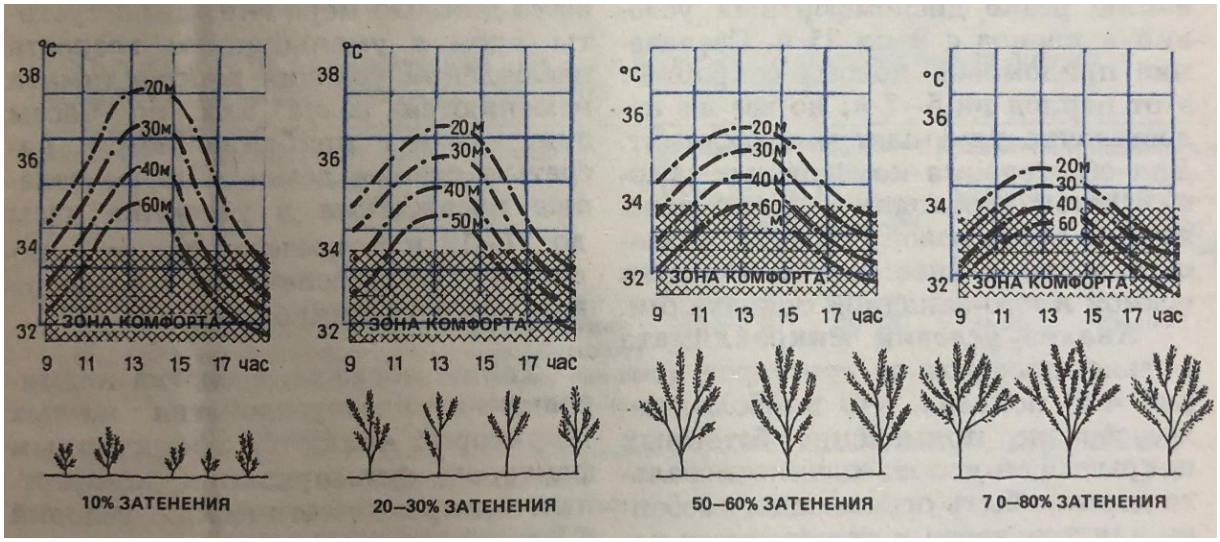


Рис. 43. Изменение условий микроклимата зеленой зоны в зависимости от густоты насаждений и удаленности от инсолируемых стен

Придомовая полоса у инсолируемых стен домов - место, где происходит наибольшая задержка тепла.

В прохладное время года - это свойство следует рассматривать как положительный фактор, используя придомовую полосу в качестве

места отдыха, где теплый период наступает раньше и заканчивается позже.

В летнее время на придомовой полосе формируются резко дискомфортные условия, что нежелательно, поскольку этим предопределяется дискомфортный микроклимат в жилых помещениях. Из рисунков видно, что асфальтированные придомовые полосы способствуют формированию резко дискомфортных условий в период с 9 по 21 ч. Озеленение придомовой полосы сокращает этот период на 5 - 7 ч, но все же недостаточно улучшает микроклимат.

Для обеспечения комфортных условий летом необходимо кроме озеленения придомовой полосы создавать вертикальное озеленение стен южной и юго-западной ориентации.

Анализ условий микроклимата в зоне проездов и тротуаров (см. рис.) показал, что наиболее целесообразно применение бетонных покрытий, а использование асфальта должно быть ограничено, особенно для тротуаров и пешеходных дорожек.

Кроме того, проезды необходимо удалять от инсолируемых стен не менее чем на 8 м, что сокращает возможный период с дискомфортными условиями на 1,5 - 2 ч.

В летнее время рекомендуется затенять проезды (тротуары) у южных стен с 10 - 11 до 15 - 16 ч, а у западных - после 12-13 ч.

Микроклимат площадок отдыха также зависит от благоустройства площадки и ее расположения относительно застройки.

Наиболее благоприятные условия микроклимата формируются на площадках, имеющих штучное бетонное покрытие или светлое грунтовое, улучшенное добавками песка или дресвы, при условии удаления площадки от здания на 40 - 60 м.

Кроме того, в летний период необходимо частичное затенение площадок тихого и активного отдыха (игровых и спортивных) высококронными деревьями с 11 - 12 до 16 - 17 ч.

Наиболее комфортный микроклимат образуется в зеленой зоне (см. рис.). Участки с густыми древесными насаждениями, обеспечивающими 60 - 80% затенения занимаемой ими территории, формируют наиболее постоянный и прохладный микроклимат в течение всего дня.

По мере снижения густоты крон с уменьшением возраста насаждения условия микроклимата изменяются резче как по часам дня, так и с приближением к нагретым стенам домов.

Любые зеленые насаждения в утренние часы до 11 - 12 и в послеполуденные после 14 - 15 ч обеспечивают комфортные условия микроклимата.

Таким образом, средства планировки и благоустройства жилых территорий являются эффективным фактором формирования комфортных микроклиматических условий в жилой среде.

Регулированием плотности застройки, температуры и влажности окружающих застройку поверхностей и пространства путем изменения расположения участков относительно застройки и стен зданий, подбором покрытия участка и озеленением возможно эффективное воздействие на элементы микроклимата и, следовательно, на тепло ощущения человека.

9.4. Погодные условия и биоклиматические критерии степени комфортности городской среды

Проявления микроклимата на городских территориях непосредственно зависят от погодных условий местности, которые характеризуются комплексом метеорологических показателей.

Ведущими метеорологическими факторами являются температурно-влажностный и ветровой режимы.

Организм человека способен ощущать колебания метеопоказателей в определенных пределах, получивших название бытовых порогов ощущений (табл.18).

Таблица 18

Бытовые пороги ощущений

Метеопоказатель	Величина порога
по Г.Б. Шелейховскому	
Температура воздуха, °С	0,5
Суточная амплитуда температуры воздуха, иС	8
Относительная влажность воздуха, %	10
Интенсивность прямой солнечной радиации, Вт/м	50
Ветер со скоростью до 1 м/с, м/с	0,2
То же, от 1 до 6 м/с, м/с	0,5
Температура подстилающей поверхности, °С по Н.Ф. Галанину	10
Интенсивность инфракрасной радиации, Вт/м	24

Комплексная биоклиматическая оценка погодных условий направлена на выявление благоприятных и отрицательных свойств климата и учета продолжительности их воздействия на организм человека.

В основу оценки положены ежедневные наблюдения метеорологических станций, обработанные с использованием основных принципов метода комплексной климатологии и физиолого-гигиенических критериев комфортности и дискомфортности погодных условий.

Биоклиматическим критерием оценки комплекса метеорологических показателей по теплоощущениям человека является эквивалентно эффективная температура (табл. 19).

Таблица 19

Гигиенические критерии и физиолого-гигиеническая оценка комплекса метеорологических элементов

Внешние условия	Характеристика внешней среды с точки зрения человека	Критерии оценки по элементам и комплексам			
		температура воздуха, °С	относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	эквивалентно-эффективная температура, °С
Умеренно-холодная погода	Человек в легкой одежде подвержен значительному охлаждению. Бытовые процессы населения протекают исключительно в квартире с необходимым отоплением	Ниже 10	30-70	Не более 5	Ниже 17
Теплая погода	Активное пребывание людей на открытом воздухе, спортивных площадках и на открытых общественных участках не ограничено. В жилище комфортные условия поддерживаются естественными средствами	10-20	30-70	0,5-3,5	17-21

Окончание табл. 19

Жаркая погода	Перегрев среды. Человек предпочитает находиться в состоянии покоя, ограничено его хождение, отказ от каких-либо активных игр. Требуются эффективная солнцезащита, соблюдение определенного режима эксплуатации жилища	30-37	20-40	0,5-3	Выше 21
Дискомфортно жаркая погода	Соблюдение особого режима жизни	Выше 37	До 20	До 0,5	Выше 25

В соответствии с биоклиматической классификацией погодных условий, разработанной Е.М. Ратнером, установлено семь типичных режимов погоды: перегревная, жаркая, теплая, комфортная, прохладная, холодная и суровая (рис.44).

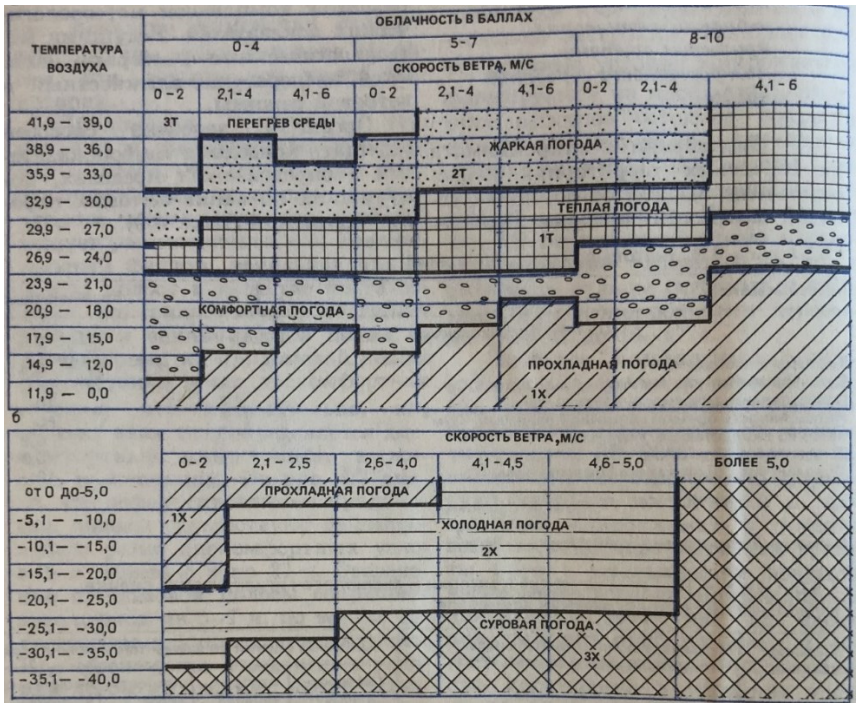


Рис. 44. Биоклиматическая классификация погодных условий (по Е.М. Ратнеру) А – теплое время года, Б – холодное время года

В результате комплексной оценки выявляются биоклиматические погодные режимы, существенно зависящие от географического местоположения города (рис.45).

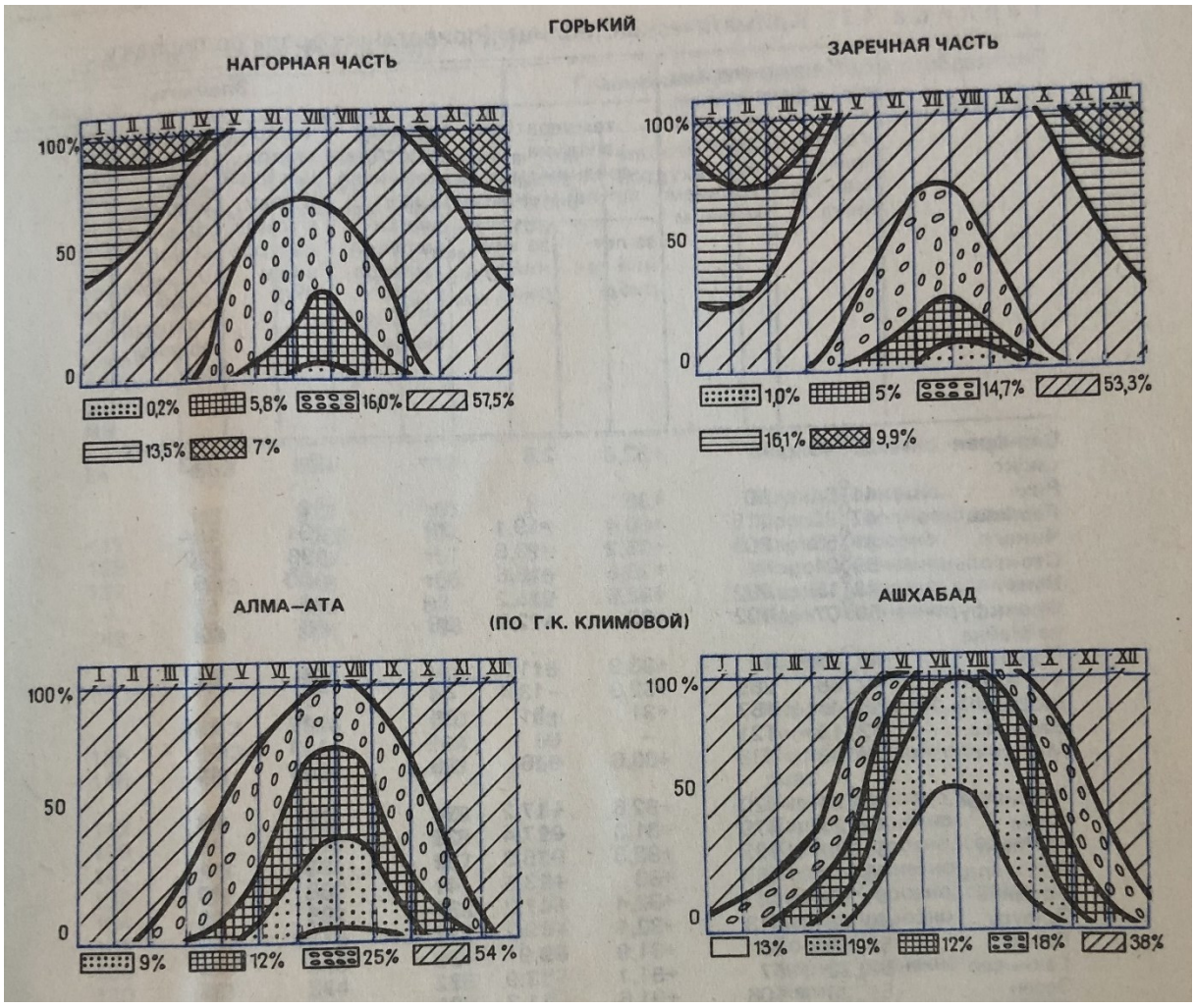


Рис.45. Биоклиматические погодные режимы городов

На этой основе производится оценка градостроительных факторов, воздействующих на санитарно-гигиеническое состояние городской среды, вырабатываются основные принципы формирования планировочной структуры населенных мест.

9.5. Строительно-климатический паспорт города

Свод метеорологических и геофизических данных, характеризующих общие и местные погодно-климатические условия и используемых в градостроительной практике, обычно представляется в виде строительно-климатического паспорта города.

Исходными данными для составления такого паспорта являются общие и комплексные характеристики или показатели по элементам климата.

В группу общих характеристик входят:

- солнечная радиация – приход на горизонтальную и вертикальную поверхности, продолжительность облучения, ультрафиолетовая радиация;
- температура воздуха - средняя, экстремальная; зимнего, летнего и отопительного периодов;
- ветер - направление, скорость; влажность воздуха - относительная, абсолютная;
- осадки - суммы, средние и экстремальные, снежный покров, гололед;
- промерзание грунтов - глубина, ход нулевой изотермы в зимнее время.

В группу комплексных характеристик входят:

- климатическое районирование;
- радиационный и тепловлажностный режимы – эквивалентная эффективная температура;
- погодные условия - суровость климата, термическая роза ветров;
- световой климат, снегоперенос;
- пылеперенос, косые дожди.

Общая природно-климатическая ситуация района расположения города характеризуется данными наблюдений за погодой загородных метеостанций и издаваемых на их основе климатических справочников. Эти данные используются на первых стадиях градостроительного

проектирования - при технико-экономическом обосновании генерального плана города.

Местная или микроклиматиская ситуация в городе характеризуется показателями, получаемыми при экспериментальных наблюдениях или расчетом в условиях сложившейся застройки. Эти данные используются как при разработке проектов детальной планировки и застройки жилых районов и микрорайонов, так и при реконструкции застройки в процессе реализаций генпланов городов.

Среди многих разработок, посвященных теме градостроительной климатологии, близких к идее климатического паспорта города, заслуживает внимания работа немецкого архитектора К. Гутчова [10].

В его климатической таблице представлены обобщенные характеристики погодно-климатических условий для ряда городов мира.

Наряду с факторами географической среды, элементами климата в таблице приводятся "главнейшие для планировки города признаки климата» - осадки, чистота воздуха, погода.

Однако последнее, исключая осадки, не выражается конкретными показателями и ограничивается констатацией явления – плюсом или минусом относительно чистоты воздуха, словами «жарко, солнечно, ветрено» относительно погоды.

Россия обладает внушительной площадью 17 100 км^2, благодаря чему оказалась в четырёх климатических поясах. В связи с этим количество солнечных дней в разных её частях отличаются.

В России самыми солнечными городами являются Чита, Владивосток, Астрахань, Улан-Удэ. Согласно информации Росгидромета, среднегодовые показатели солнечного света в столице Бурятии составляют 2797 часов, а в Хабаровске - 2449 часов.

Ниже, приведена сравнительная диаграмма городов России, плюс Алматы (Казахстан), Астана (Казахстан), Брест (Беларусь) по количеству солнечных дней в году (рис. 46).

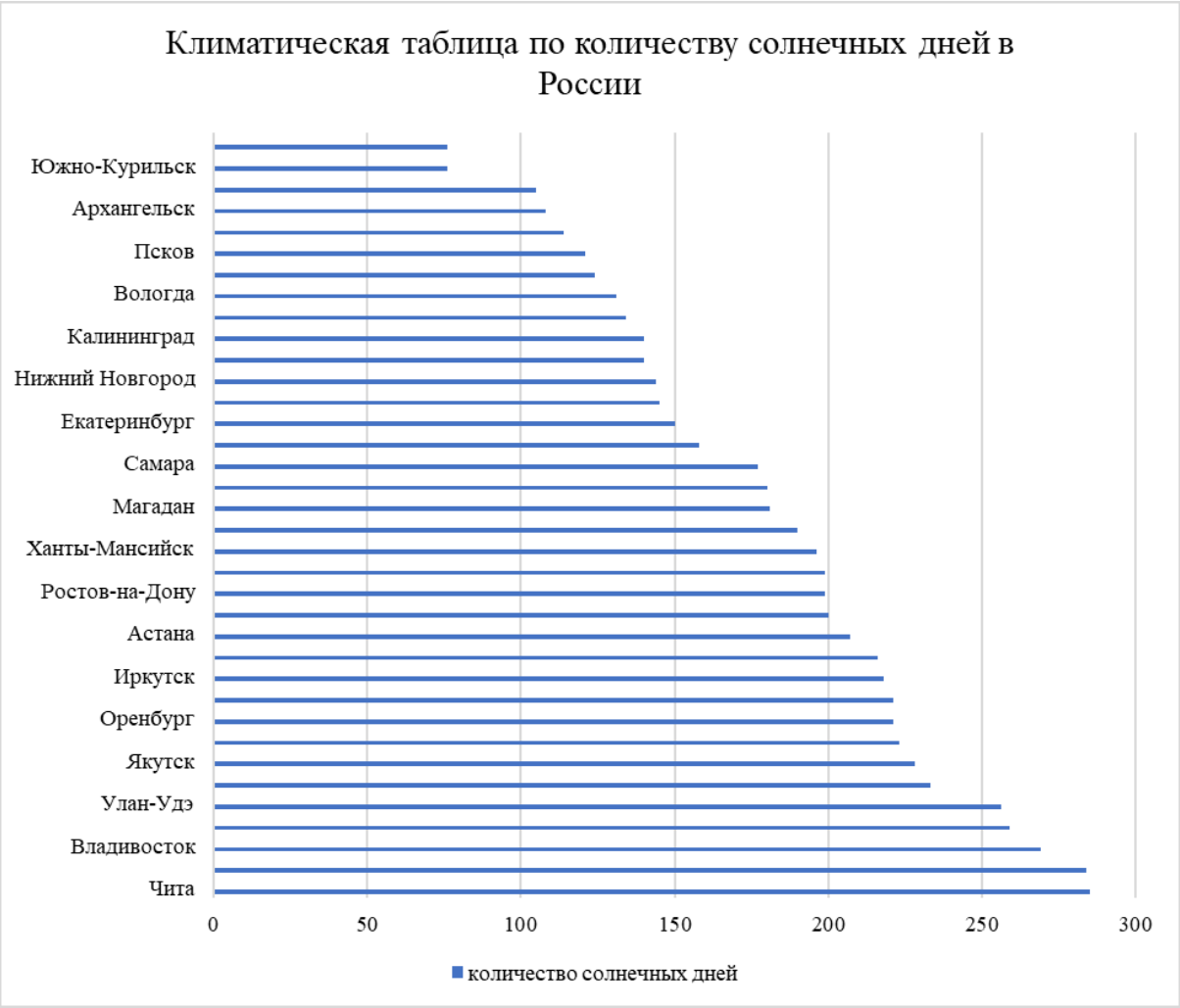


Рис.46. Климатическая таблица по количеству солнечных дней в России

Более конкретно К. Гутчов охарактеризовал погодно-климатическую ситуацию на примере Гамбурга, систематизировал метеорологические и геофизические данные в годовом (помесячном) разрезе и представил их в виде таблицы схемы «Элементы климата» (рис.47).

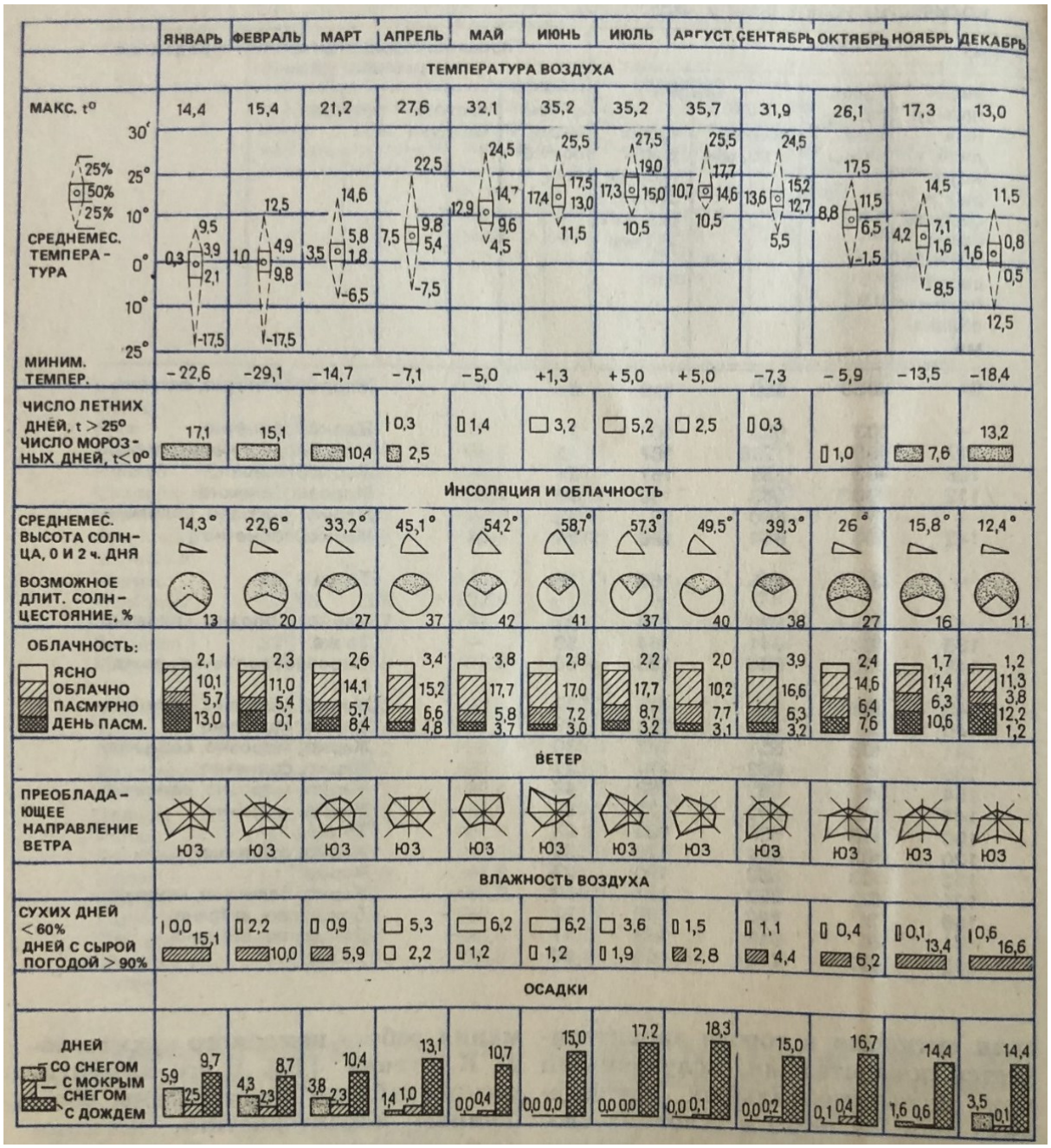


Рис.47. Таблица-схема «Элементы климата» (на примере Гамбурга)

Приведенные в таблице-схеме местные природно-климатические характеристики для Гамбурга вполне могут служить основой для построения строительно-климатического паспорта города.

В Советском Союзе климатической паспортизацией для целей планировки и застройки городов (начиная с 1960 г.) занимались НИИ стройфизики, ЦНИИП градостроительства в содружестве с Гидрометеоцентром СССР и ЦНИИЭП жилища.

Методология ЦНИИИ градостроительства по разработке климатического паспорта города основывалась на следующих предпосылках:

- наличие типографо-геодезической подосновы, достаточно полно характеризующей природно-ландшафтные условия (рельеф, почвогрунты, озеленение, водные ресурсы) и застройку на территории города;

- климатическая характеристика территории на уровне макро-мезо- и микроклимата соответственно для города в целом и по отдельным районам и микрорайонам;

- биоклиматические критерии комфортности жилой и городской среды.

Как свод метеорологических и геофизических показателей, учитываемых при градостроительном проектировании, климатический паспорт города должен содержать достаточно подробную информацию об общих и местных климатических особенностях территории.

В ЦНИИП градостроительства был разработан строительно-климатический паспорт для города Баку [30]. В состав паспорта вошли следующие данные (рис.48,49):

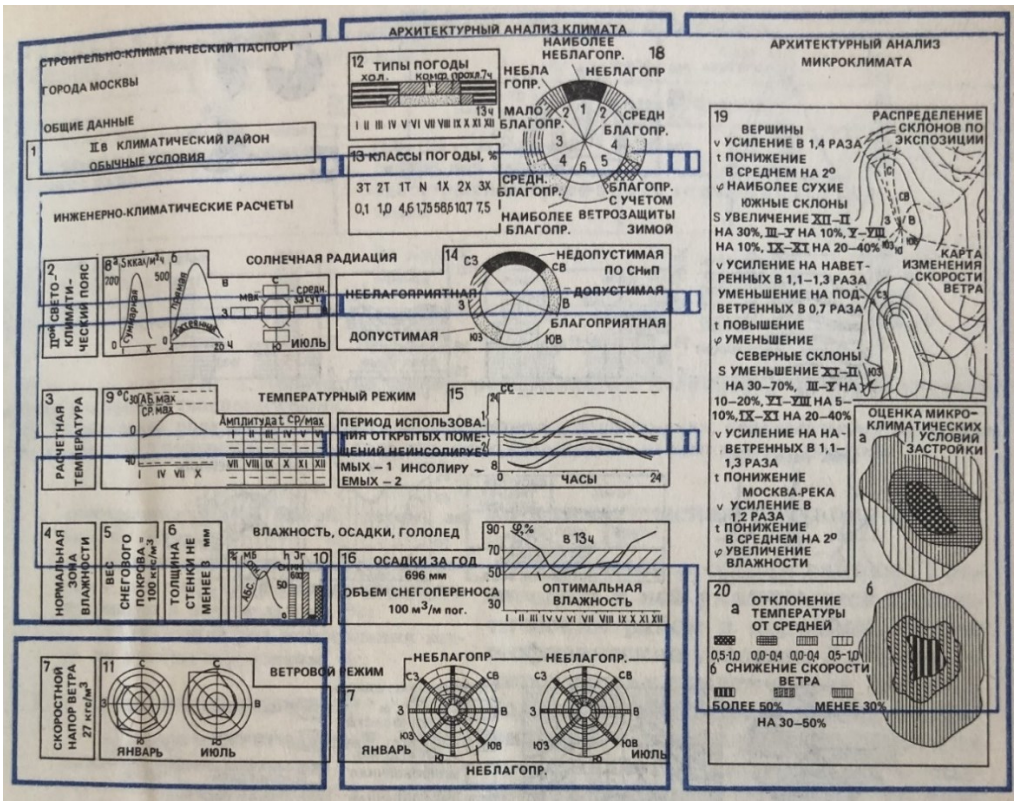


Рис. 48. Климатический паспорт города

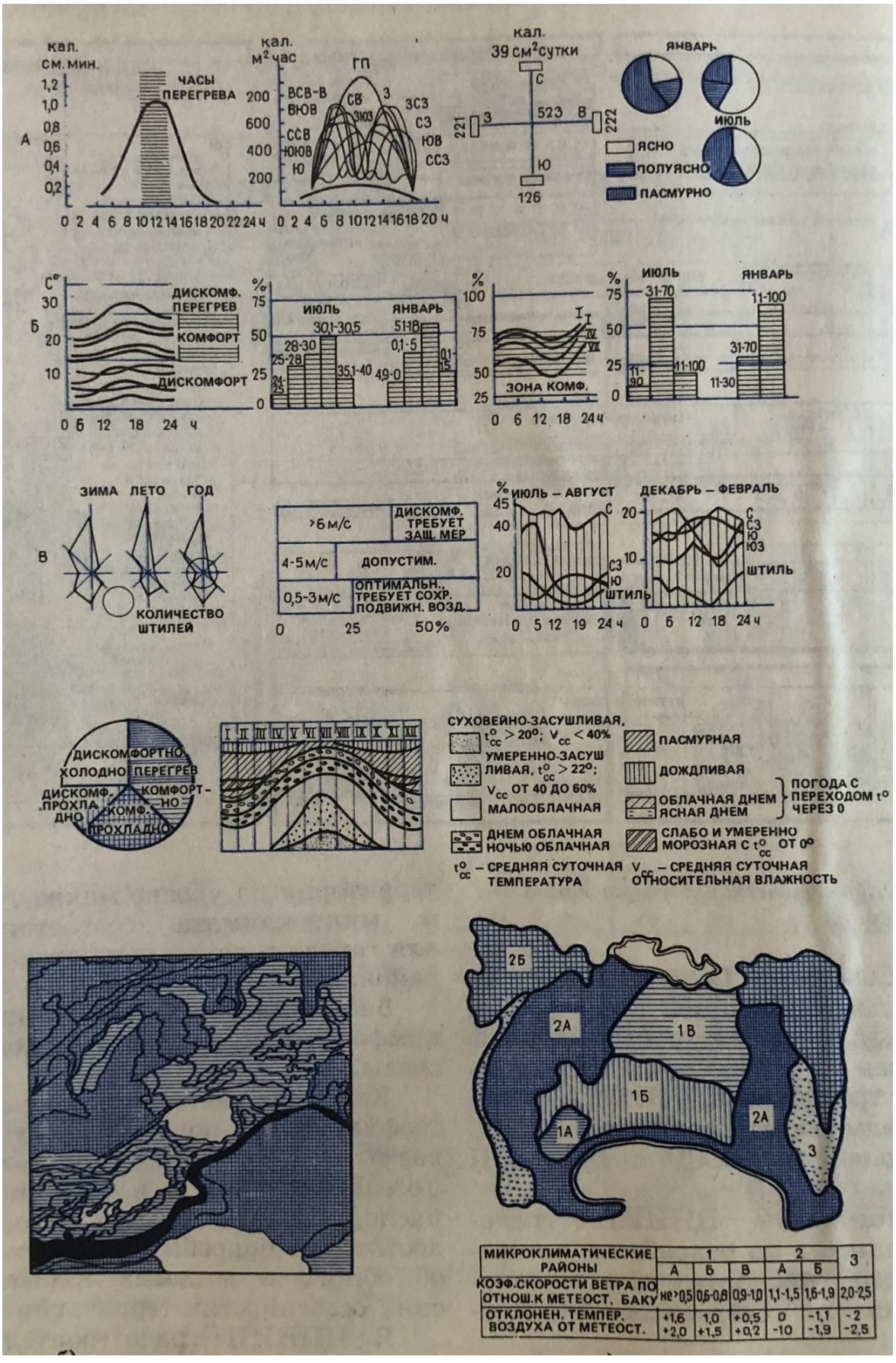


Рис. 49. Климатический паспорт города

- А - солнечная радиация:

а) прямая на горизонтальные поверхности;

б) суммарная на вертикальные поверхности;

в) прямая на вертикальные поверхности;

г) состояние неба;

- Б - температура и влажность воздуха:

а) суточный ход температуры и относительной влажности воздуха;

б) повторяемость максимальной температуры и относительной влажности (в 13 ч) воздуха, %;

- В - ветровой режим:

а) роза ветров по направлениям - повторяемость (%) зимой, летом, за год, по месяцам;

б) повторяемость ветра по скорости с делением на дискомфотрную допустимую и оптимальную, %;

в) суточный ход направления ветра по румбам-горизонтам, %.

- Г - комплексная оценка:

а) комфортности внешней среды - циклограмма с выделением 5 классов погоды: дискомфортно: 1 - холодно; 2 - перегрев; 3 - комфортно; 4 - оптимально; 5 - прохладно;

б) повторяемость погодных условий;

- Д - оценка геофизических условий режима территории города:

а) влажность почвогрунтов;

б) глубина промерзания почвы;

в) ход нулевой изотермы за зимний период;

- Е - микроклиматическое районирование территории.

Сотрудниками ЦНИИЭП жилища В.К. Лицкевичем и Л.И. Коновой, НИИ стройфизики Госстроя СССР Г.К. Климовой разработаны «Рекомендации по методике строительно-климатической паспортизации городов для жилищного строительства» [22].

Авторами разработана унифицированная форма строительно-климатического паспорта, состоящая из четырех частей и 20 граф, в которых подробно характеризуются фоновая и местная погодно-климатическая ситуация города (табл.20).

Таблица 20

Оценка круга горизонта по тепловому облучению от Солнца в летний период (май, август)

Территория	Оценка баллов			
От побережья Северо-Ледовитого океана до 65-63°с.ш.	СЗ-СВ – запретный сектор для квартир односторонней ориентации	В	З, ЮВ	ЮЗ, Ю
От 65-63 до 52° с.ш.	Во всех	З	В, ЮЗ	ЮЗ, Ю
К югу от 52° с.ш.	Запад	ЮЗ	З, ЮВ	Ю,В
Юг Средней Азии	-	ЮЗ	З, ЮВ	Ю,В
Юг Дальнего Востока	-	В	З,ЮЗ	ЮВ, Ю

1-я часть - общие данные. Графа одна, в ней указываются климатический район и подрайон, общие геофизические условия;

2-я часть - инженерно-климатические расчеты. Содержит 16 граф, в которых графически и в числовых показателях представляется информация о солнечной радиации (графы 2, 8), температурном режиме (графы 3, 9, 15), влажности, осадках, гололеде (графы 4, 5, 6) и ветровом режиме (графы 4, 5, 6, 16, 17);

3-я часть - архитектурный анализ климата. В графах 12, 13 и 18 отражаются типы погод и их продолжительность, биоклиматическая зона и классы погоды (%), оценка сторон горизонта по термической розе ветров. Оценка круга по степени благоприятности той или иной ориентации жилых помещений дается по четырехбалльной системе согласно таблице;

4-я часть - архитектурный анализ микроклимата, представлен двумя графами - 19, 20, в которых дается характеристика местных и микроклиматических условий в зависимости от природных и градостроительных факторов.

На следующем рисунке 50 приведен пример заполнения унифицированной формы климатического паспорта города для Москвы, разработанного по методике ЦНИИЭП жилища [22].

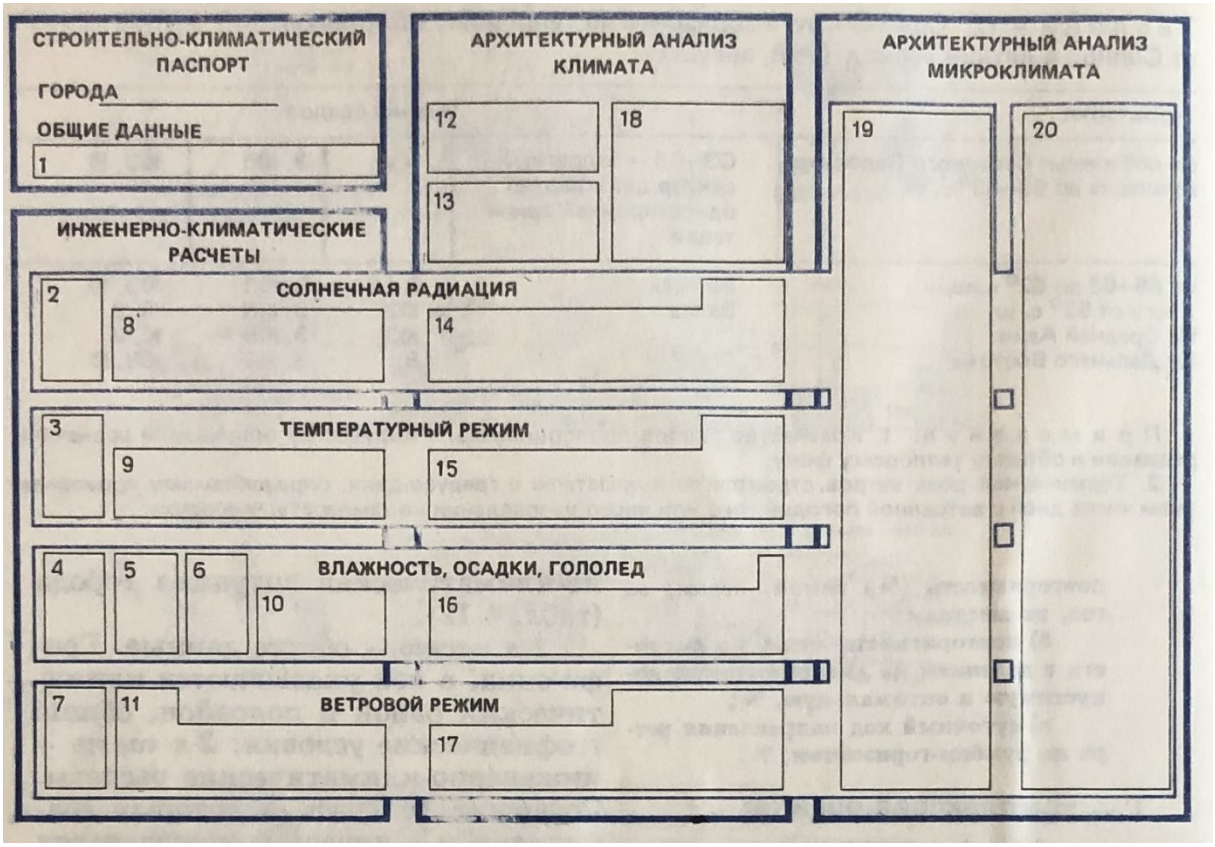


Рис. 50. Унифицированная форма климатического паспорта

В заключение следует отметить, что неотложной задачей современного градостроительства является разработка строительно-климатических паспортов для всех городов и особенно для крупных и крупнейших по численности населения и территориальным размерам.

В целях дальнейшего совершенствования строительно-климатического паспорта города необходимо рекомендовать:

1. Дополнить паспорт данными:

- о глубине промерзания и колебаниях нулевой изотермы в почвогрунтах в зимний период;

- о влиянии метеорологических условий на загрязнение воздушного бассейна города.

2. Два последних раздела унифицированной формы паспорта (по ЦНИИЭП жилища) именовать вместо «Архитектурный», «Градостроительный» анализ климата и микроклимата.

3. Всю информацию о природно-климатической, геофизической и экономической ситуации города представить графически в виде карт-схем с переносом на компьютер при необходимости использования ее в целях градостроительства и оперативного управления городской средой.

9.6. Инсоляция жилой застройки

Значение влияния солнца и его воздействие на все живое на земле, известно каждому человеку.

С медицинской точки зрения, солнечный свет оказывает влияние на процессы метаболизма человеческого организма, работу нервной системы, кровообращения, дыхания. Именно солнечный свет служит основным элементом образования суточного режима деятельности человека – режимов покоя и активности.

Поэтому одним из факторов влияющим на среду обитания человека является - степень освещенности солнечным светом жилых и общественных зданий, их внутренних помещений и участков открытых площадок.

Под термином «инсоляция» понимают непосредственное, прямое солнечное облучение внутренних помещений жилых и общественных зданий, территории жилой застройки.

Нормирование инсоляции в России в настоящее время осуществляется по нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–03 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите жилых и общественных зданий» (с изменениями N 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 10.04.2017 N 47), СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».

Основным критерием оценки достаточности инсоляции является продолжительность инсоляции.

Нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий устанавливается дифференцированно в зависимости от типа квартир, функционального назначения помещений, планировочных зон города, географической широты. Для Республики Алтай (центральная зона 58 град. с.ш. - 48 град. с.ш.) в расчетное время года (с 22 апреля по 22 августа) продолжительность инсоляции должна составлять:

- не менее 2 часов в жилых зданиях; детских дошкольных учреждениях; учебных учреждениях общеобразовательных, начального, среднего, дополнительного и профессионального образования, школах - интернатах, детских домах и др.; лечебно-профилактических, сана-

торно-оздоровительных и курортных учреждениях; учреждениях социального обеспечения (домах - интернатах для инвалидов и престарелых, хосписах и др.);

- для территорий детских игровых площадок, спортивных площадок и зон отдыха жилых домов, групповых площадок детских дошкольных учреждений, спортивной зоны, зоны отдыха и учебно-опытной зоны общеобразовательных учреждений и учреждений, обеспечивающих получение профессионально-технического образования - 2,5 часа непрерывной инсоляции.

Выполнение требований норм инсоляции достигается соответствующим размещением, ориентацией и планировкой зданий. Круглогодичное затемнение фасадов зданий и территорий жилой застройки не допускается.

Требования к облучению поверхностей и пространств прямыми солнечными лучами, теплового воздействия (инсоляции) предъявляются при размещении объектов, в проектах планировки и застройки микрорайонов и кварталов, проектов строительства и реконструкции отдельных зданий и сооружений.

Соблюдение требований к инсоляции является обязательным для всех лиц, занимающихся проектированием, строительством, реконструкцией и эксплуатацией жилых, общественных зданий и территорий жилой застройки городов, поселков и сельских населенных пунктов.

9.7. Методы расчета инсоляции в жилой застройке

Одна из актуальных проблем современного градостроительства - создание комфортной для человека среды в помещениях и на территориях жилой застройки.

Рациональное зонирование и застройка жилых территорий с учетом необходимой инсоляции обеспечивают повышение санитарно-гигиенических качеств территорий и экономию капитальных затрат на их освоение.

Инсоляция окружающей человека среды на протяжении столетия является предметом пристального внимания градостроителей, светотехников, метеорологов и врачей.

В советской градостроительной науке основные принципы застройки кварталов и технического нормирования инсоляции были заложены в 30 - 60-е годы.

Потребности практики в регламентации требований к инсоляции застройки привели к созданию отечественных санитарных норм обеспечения инсоляцией помещений и территорий, в которых общеоздоровительное воздействие инсоляции оценивалось по критерию ее трехчасовой непрерывной продолжительности.

Введение в действие санитарных норм оказалось прогрессивным явлением, поскольку создавало предпосылки для упорядочения застройки и оздоровления городской среды.

Поэтому в качестве основной практической (задачи пространственно-временного градостроительного расчета инсоляции ставилась задача расчета продолжительности инсоляции в заданной точке экранируемого пространства с целью обеспечения ее нормируемой величины.

Поскольку градостроительное проектирование основано на графическом материале, то методы расчета показателей инсоляции должны максимально соответствовать исходным данным, т.е. генпланам застройки и планам зданий, а также обладать достаточной точностью, наглядностью и конструктивностью. Эти обстоятельства предопределили разработку в 50 - 60-е годы главным образом различных геометрических и номографических методов, пригодных для практической реализации нормативного требования.

Номографические методы (таблицы и диаграммы) разрабатывались в основном для геометрического расчета азимутов и относительных длин теней при построении конвертов теней. Предлагаемые методы анализа в каждом конкретном случае решали лишь частные задачи и не претендовали на широкое обобщение.

Систематизация методов пространственно-временного расчета инсоляции была выполнена в 1968 г. Д.В. Бахаревым, предложившим все существующие методы учета экранирования при расчетах инсоляции классифицировать по геометрическому признаку на метод центрального, ортогонального и косоугольного проектирования.

Принцип центрального проектирования был впервые использован Х.А. Беккетом в светотехнике для учета экранирующего воздей-

ствия застройки. Оригинальные графические методы были практически одновременно предложены Б.А. Дунаевым и Г. Плейжелом (рис.51-53).

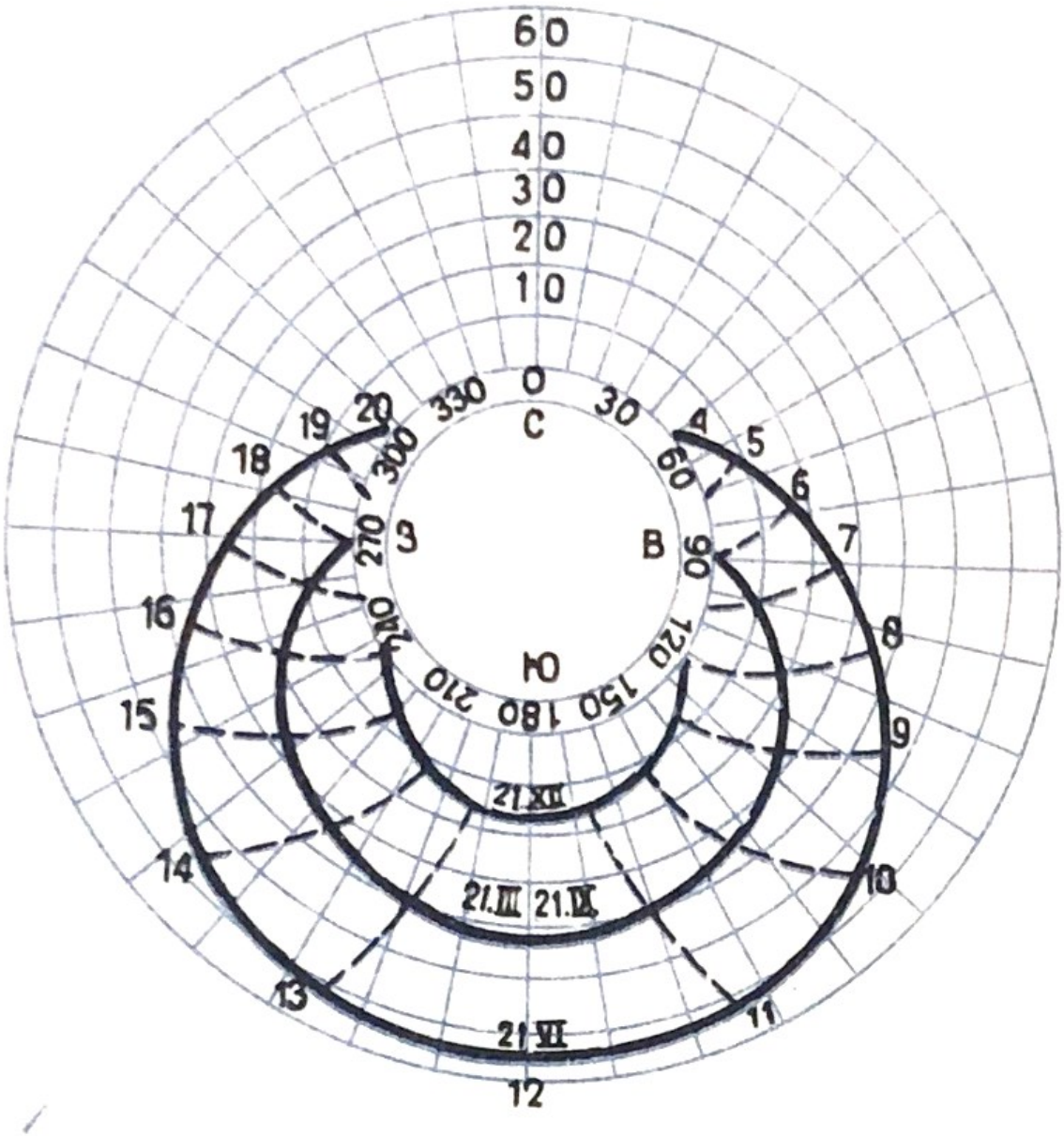


Рис. 51. Инсоляционный график Б.А. Дунаева (50° с.ш.)

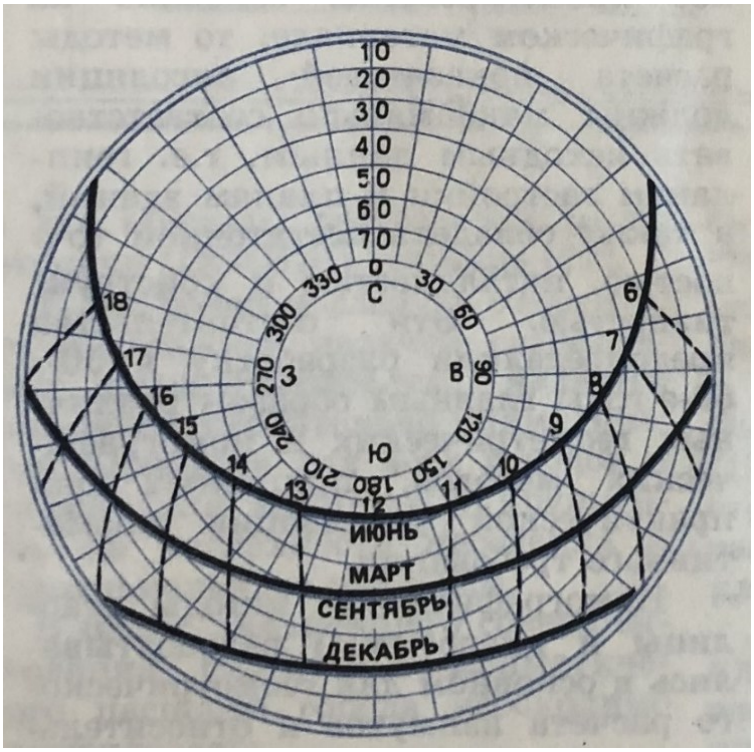


Рис.52. Определение продолжительности инсоляции помещений с помощью графика Б.А. Дунаева (£ - световой угол окна)

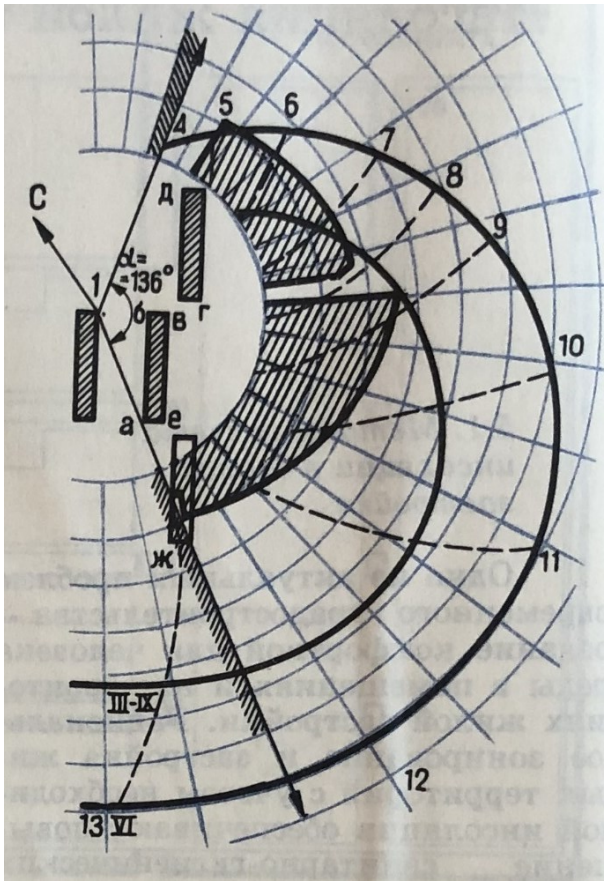


Рис.53. Солнечная диаграмма Г. Плейжела (50° с.ш.)

Они основывались на стереографическом проектировании небесной сферы (развернутой на горизонтальную плоскость) с нанесенными на нее траекториями видимого движения Солнца и геометрическим построением контура окружающей застройки пучком лучей, исходящих из расчетной точки.

Продолжительность инсоляции определяется суммированием времени движения Солнца по участкам траектории, находящимся вне проекции контура застройки. Заметим, что в расчетах продолжительности инсоляции первый час на восходе и последний час на заходе Солнца не учитываются.

Существенным недостатком этого метода является необходимость многократного повторения трудоемких графических операций при построении экран-фигур застройки для каждой из расчетных точек, а также ограниченная точность.

Поэтому принцип центрального проектирования следует признать нерациональным при графических расчетах продолжительности инсоляции.

Метод ортогонального проектирования лежит в основе светопланомера Д.С. Масленникова, инсоляметра Н.В. Оболенского, солнечной линейки М. Тваровского, контрольно-инсоляционного планшета Б.А. Дунаева и идентичных инсоляционных графиков Г. Марти и А.М. Рудницкого.

Светопланомер Д.С. Масленникова состоит из двух подвижных дисков, скрепленных в центральной точке. Основной диск содержит 7 кривых суточного хода тени на 21-е число каждого месяца.

Горизонтали графика имеют одинаковое превышение над расчетной точкой, каждый график действителен только для определенного масштаба чертежа.

На подвижной накладной части прибора нанесена планировочная сетка для определения положения затеняющего объекта, а также световой угол окна и линии фасада (рис. 54-55).

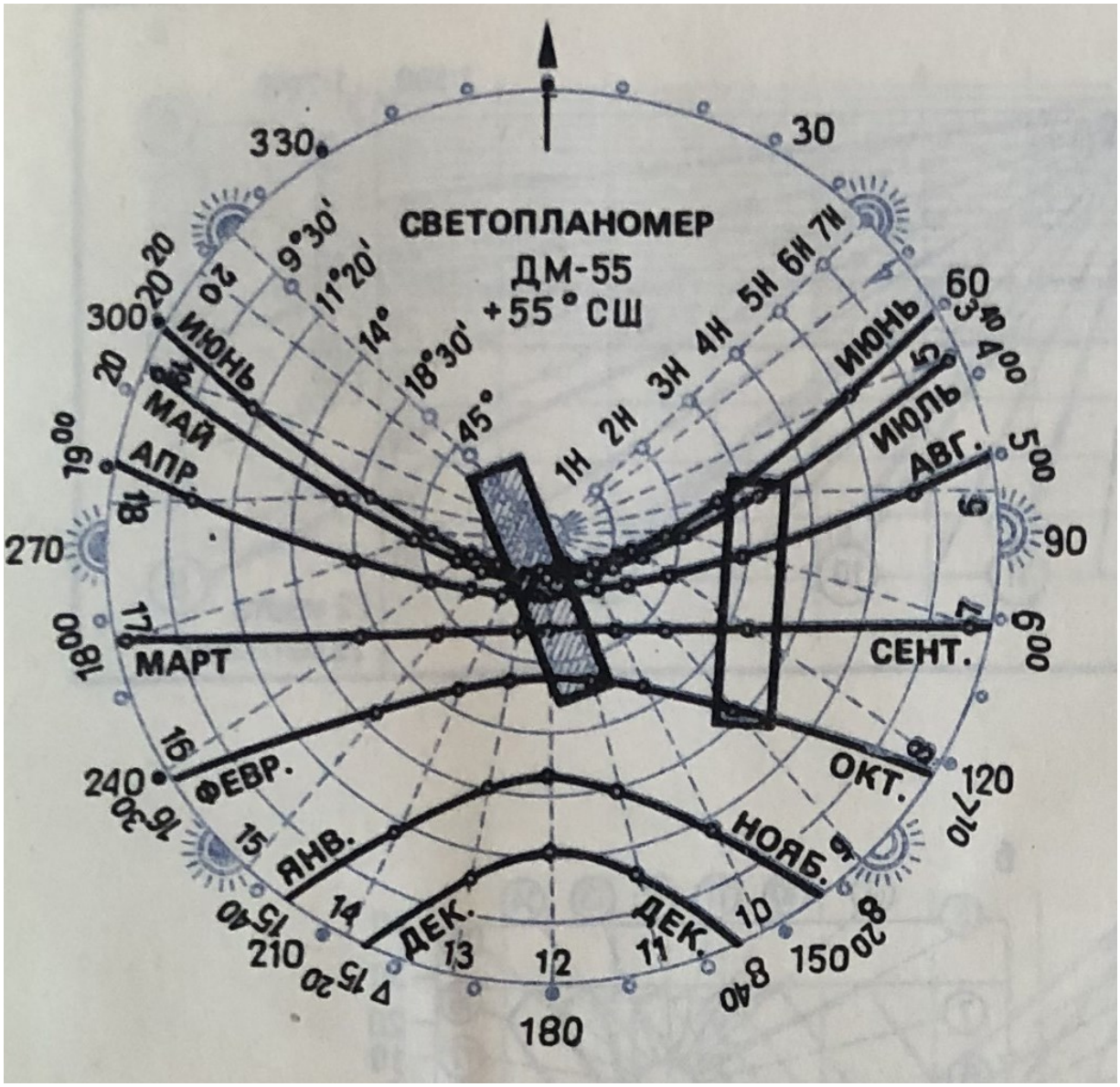


Рис. 54. Определение продолжительности инсоляции фасада с помощью «Светопланометра» Д.С. Масленникова

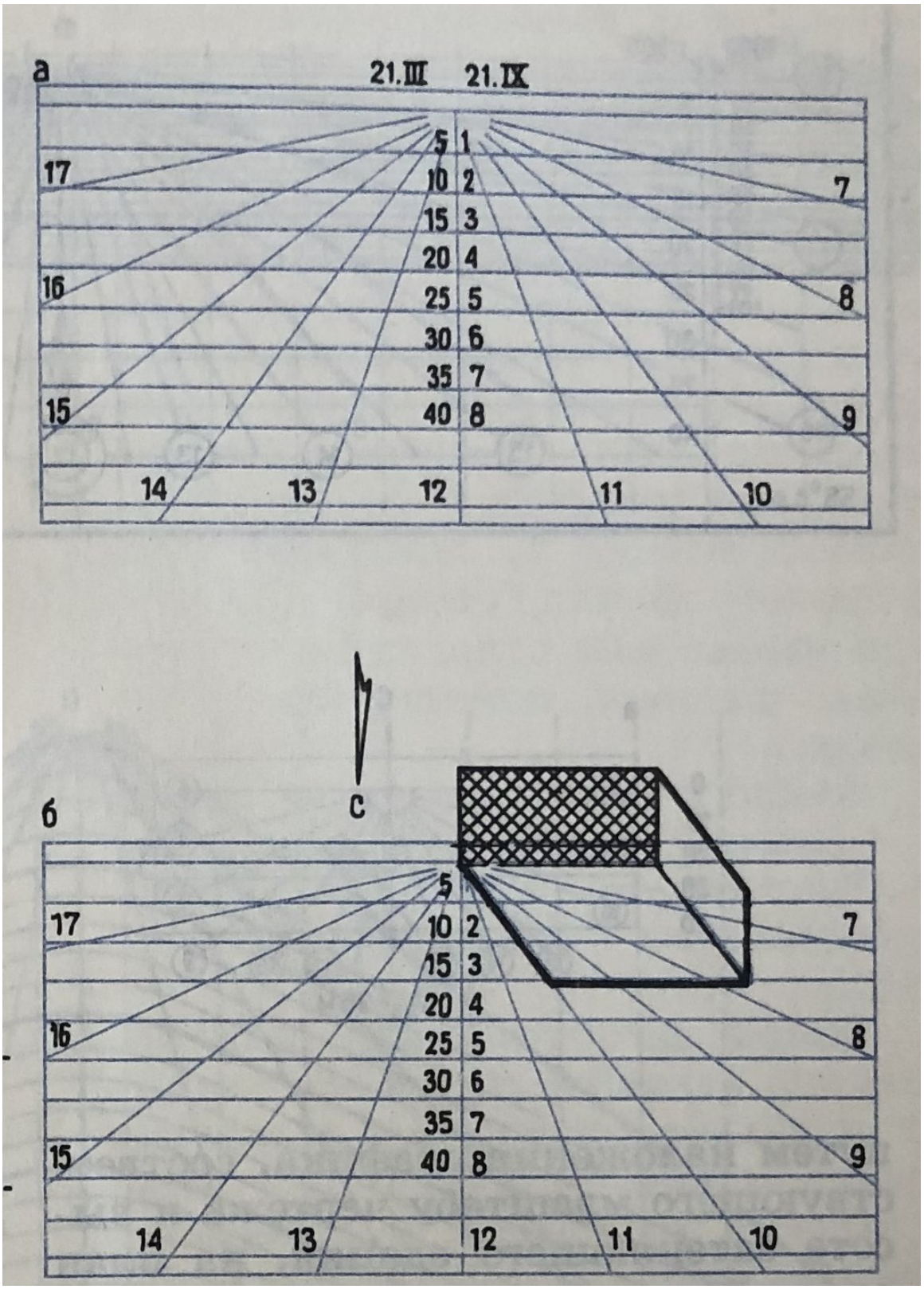


Рис. 55. Солнечная линейка М. Твардовского (50° с.ш.): а – для 21.03 и 21.09; б - построение конверта тени (10 ч; $h_{зд}$ = 15 м)

Расчет инсоляции производится путем наложения графика, соответствующего масштабу чертежа и высоте затеняющего здания, на план застройки, ориентации его по меридиану и определения продолжительности облучения по участкам кривых, находящихся вне проекции здания (рис. 56).

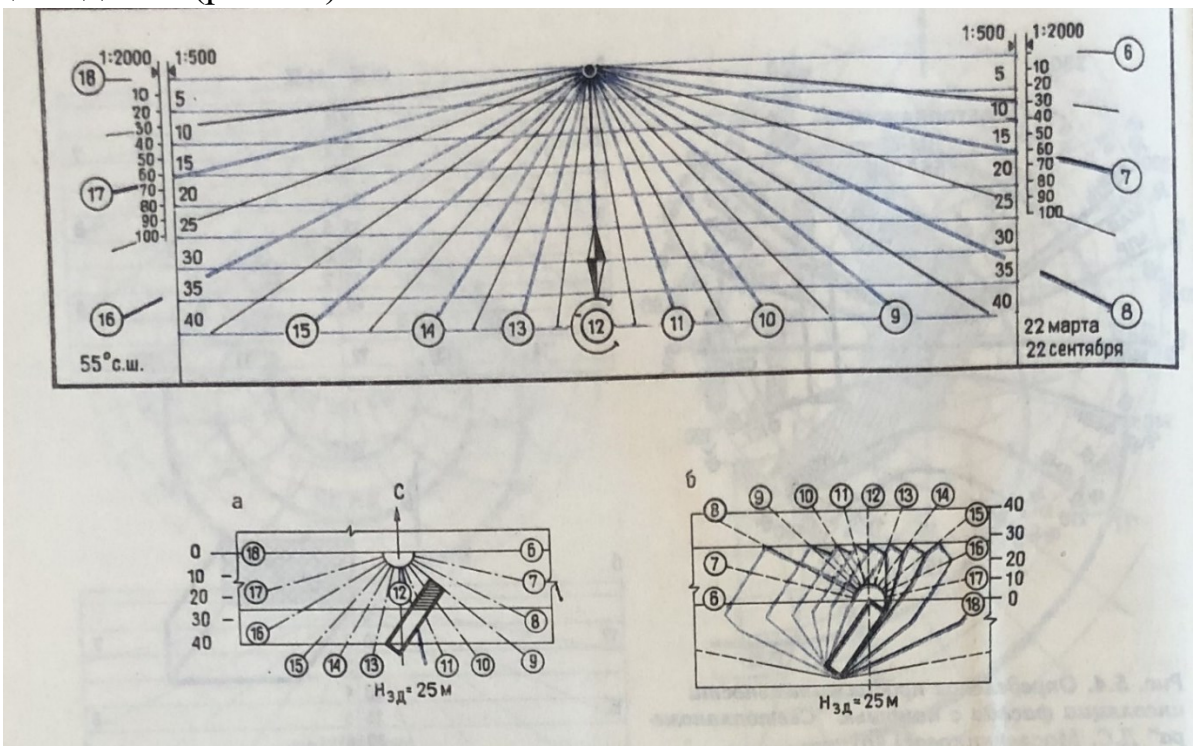


Рис. 56. Контрольно-инсоляционный план Б.А. Дунаева

К достоинствам метода можно отнести универсальность по временам года и большую точность по сравнению с методом центрального проектирования. Однако необходимость иметь в наличии и попеременно использовать несколько светопланомеров ограничивает его применение.

В современных условиях высокоплотной разновысокой застройки инсографикам должны быть присущи универсальность по высотам и вертикальному расположению экранирующих объектов. Этому требованию отвечают графики, предложенные А.М. Рудницким (рис.).

В основу данного метода положены следующие предпосылки:

- солнечный луч, падающий в центральную точку, в результате суточного вращения описывает коническую поверхность;

• план застройки является ортогональной (прямоугольной) проекцией экранирующих тел с вертикальной боковой поверхностью на горизонтальную плоскость (рис. 57).

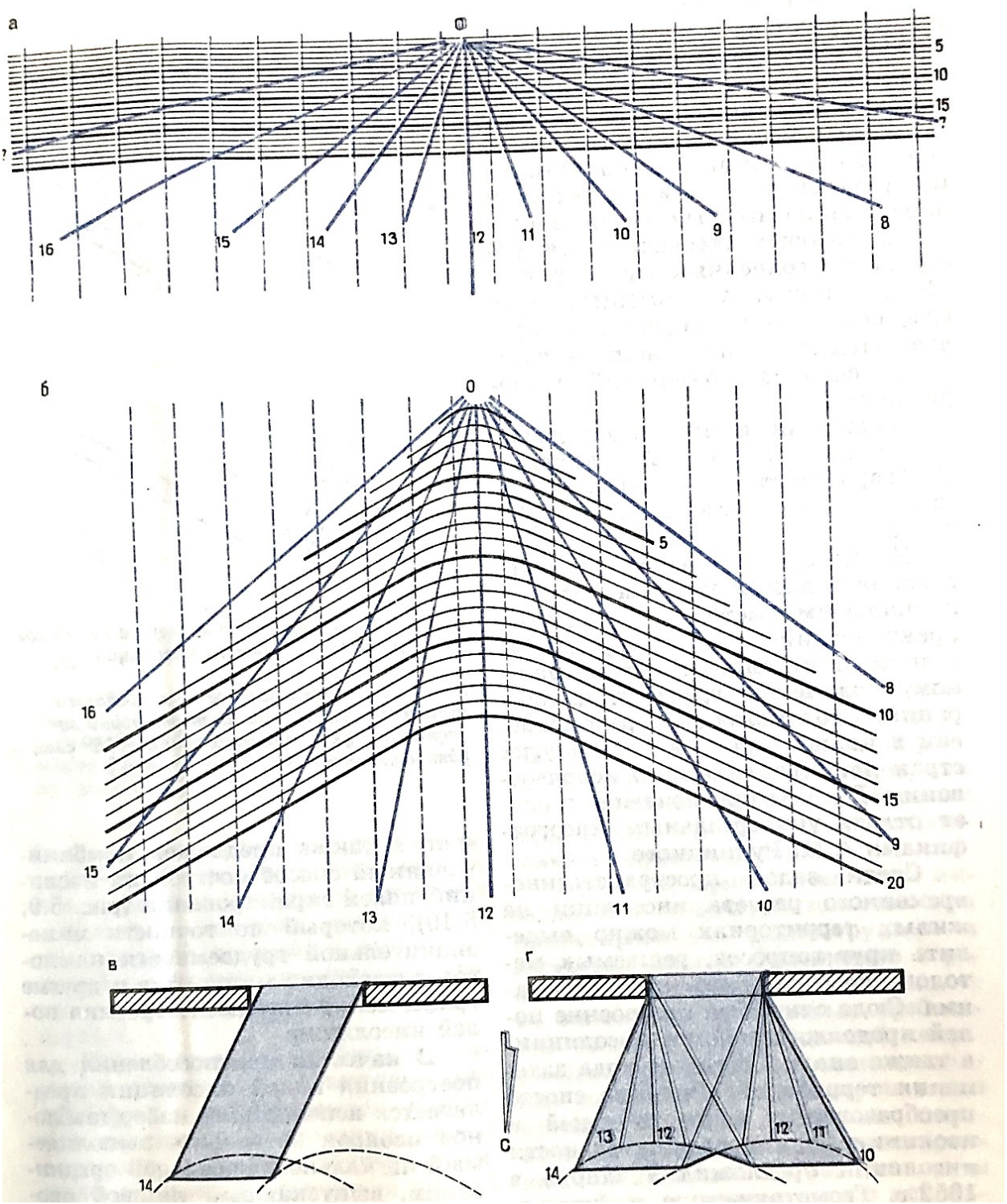


Рис.57. Инсоляционные графики АМ. Рудницкого (50° с.ш.): а - для 21.03 и 21.09; б - для 21.06; в - часовой конверт инсоляции; г - суточный конверт инсоляции

Кривые на графиках (на равноденствии - прямые, поскольку конус вырождается в плоскость) представляют собой горизонтали рельефа поверхности, т.е. высоту прохождения солнечного луча в течение дня, которая обозначена в метрах.

Радиальные линии - горизонтальные проекции солнечного луча, зафиксированные через равные промежутки времени, указаны по краям графиков в часах.

Пунктирные линии показывают направление север - юг. Задача решается методом проекций с числовыми отметками и сводится к совмещению горизонтали рельефа конической поверхности с планом застройки и определению часовых углов, в пределах которых обеспечивается поступление солнечных лучей в расчетную точку.

С помощью этих графиков можно определять продолжительность инсоляции и затенения фасадов, помещений и территорий.

Аналогичные принципы лежат в основе солнечной линейки М. Тваровского и контрольно-инсоляционного планшета Б.А. Дунаева.

Метод ортогонального проектирования является единственным рациональным методом, сводящим практический расчет продолжительности инсоляции к минимальному количеству графических операций. Этот метод был рекомендован в нашей стране и ряде других стран для практического использования. Причем предпочтение следует отдать универсальным инсографиками А.М. Рудницкого.

Среди задач пространственно-временного расчета инсоляции на жилых территориях можно выделить круг вопросов, решаемых методом косоугольного проектирования. Сюда относятся построение полей продолжительности инсоляции, а также анализ дневного хода затенения территорий.

Впервые способ преобразования конверта теней в изолинии поля продолжительности инсоляции предложил Г. Марти в 1952 г. Геометрическую и физическую сущность рассматриваемого явления подробно исследовал Д.В. Бахарев [5]. Им выявлена тонкая структура изолиний, указано на свойство аддитивности (сложения) полей и случаи его нарушения, а также предложен комбинированный способ построения изолиний полей экранирования (рис.58), который по точности и незначительной трудоемкости намного превосходит метод сетки и другие графические методы построения полей инсоляции.

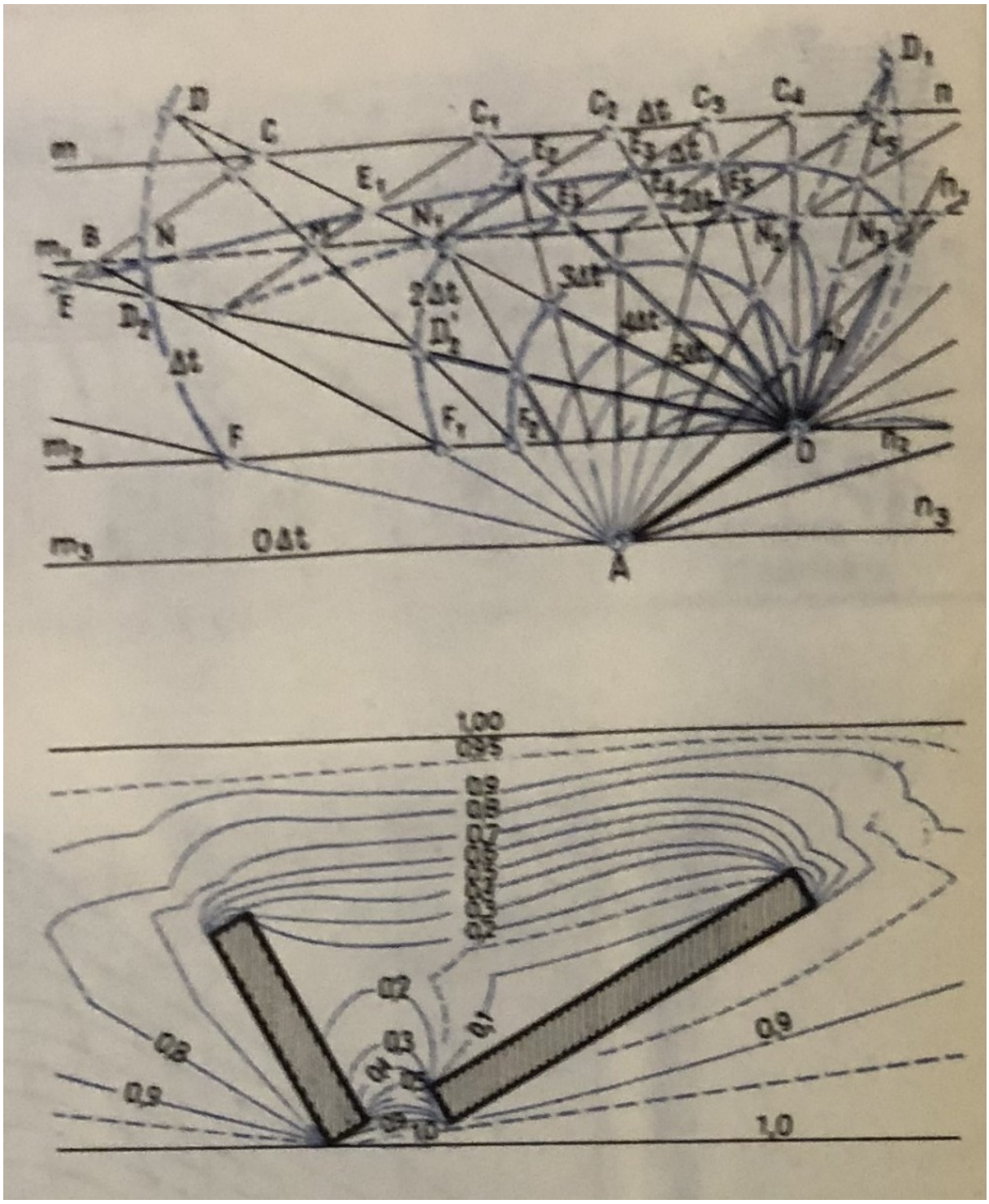


Рис.58. Преобразование конверта теней вокруг экрана АО в изохроны инсоляции. Относительное поле продолжительности инсоляции на территории застройки двух 9-этажных зданий
(55° с.ш., равноденствие)

В качестве приспособления для построения полей инсоляции предлагается использовать набор шаблонов изохрон затенения, выполняемый на кальке в проектной организации, выпускающей типовой проект здания (рис.59).

Набор содержит поля изохрон для любых широт и нормируемых склонений Солнца, соответствующих климатическому району строительства, и интервалов ориентации фасадов с учетом их допустимой ориентации.

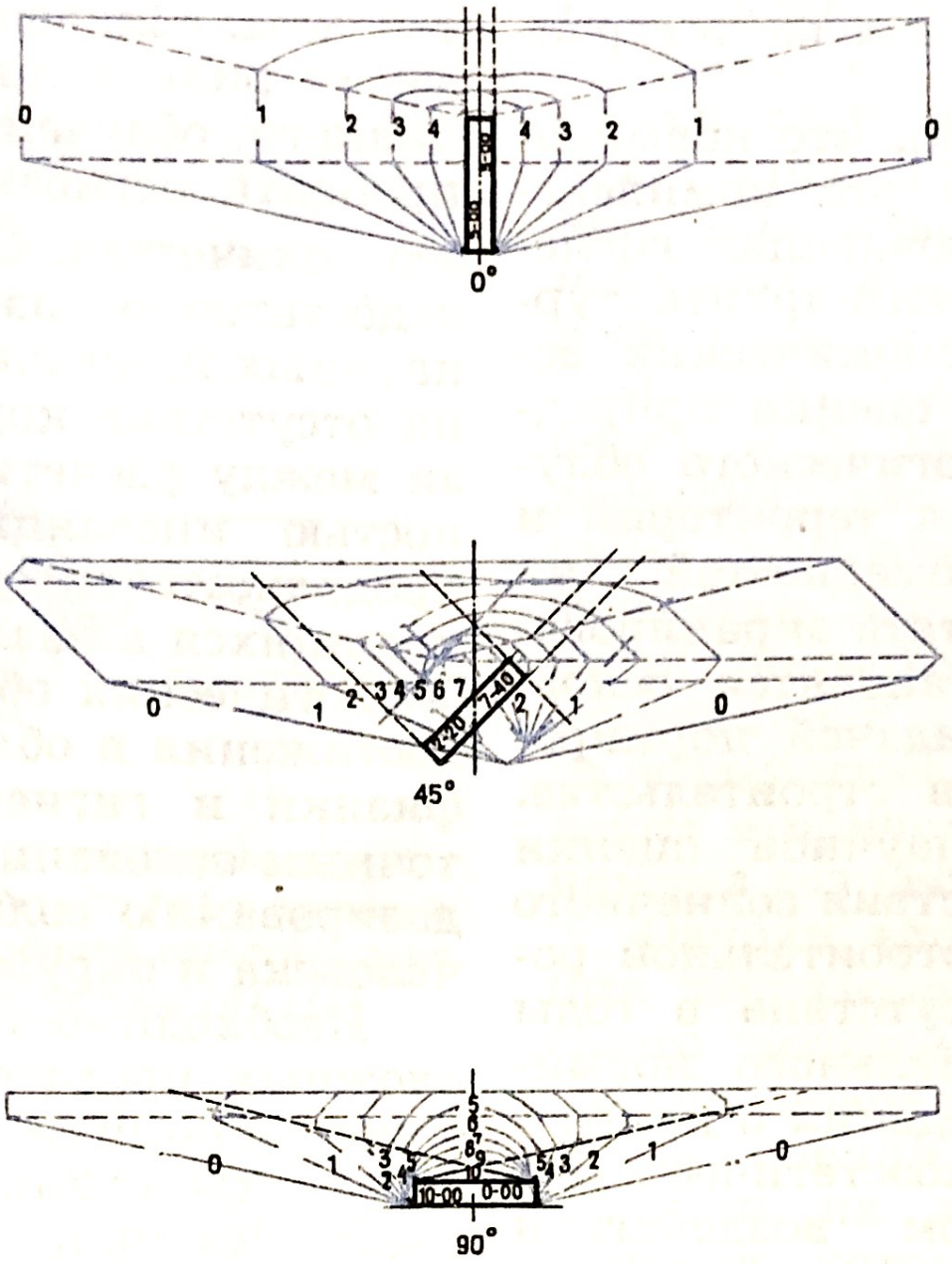


Рис. 59. Примерный блок шаблонов изохрон инсоляции для здания (при различной ориентации фасадов), прилагаемый к его типовому проекту

Графическая картина инсоляции строится путем совмещения шаблонов с планом здания и сложения локальных изохрон сначала от двух первых зданий, а затем сложением изохрон следующего здания с суммарным полем от двух первых.

Кроме того, не прибегая к операции сложения, соответствующим подбором и перемещением шаблонов различной ориентации проектировщик может добиться оптимально плотной постановки зданий при соблюдении норм инсоляции.

Следовательно, графическая картина инсоляции, прилагаемая к проекту здания, позволяет быстро вести конструктивный контроль и санитарную экспертизу инсоляции на жилых территориях.

Таким образом, метод косоугольного проектирования, предлагая наглядную графическую картину инсоляции, весьма удобен как для научного анализа затенения территорий, так и для градостроительного проектирования.

Практика применения норм инсоляции в градостроительстве при проектировании, реконструкции и застройке жилых комплексов в условиях многоэтажного строительства показала, что единые требования обеспечения трехчасовой непрерывной продолжительности инсоляции на всей территории страны стали препятствием для повышения плотности и расширения архитектурно-композиционной выразительности застройки и рационального использования городских территорий. ГКНТ СССР и Госстроем СССР в 1974 г. была поставлена проблема комплексного совершенствования критериев строительного нормирования инсоляции в качестве одной из важнейших в области строительства.

Сегодня очевидно, что нормирование инсоляции – это комплексная проблема, включающая гигиенический, социолого-архитектурный и технико-экономический аспект.

Причем оценка природных ресурсов биологического облучения помещений и территорий и выявление закономерностей их снижения в результате экранирования застройкой становятся основной технической задачей нормирования инсоляции в строительстве. Все это требует научной оценки биологического действия солнечного облучения и градостроительной роли инсоляции.

Отсутствие в годы становления строительного нормирования в СССР сведений о природных ресурсах, психоэстетическом и общеоздоровительном воздействии облучения, особенно в ультрафиолетовой области, где рассеянная радиация составляет основную долю в суммарном потоке, способствовало недооценке роли рассеянного УФ излучения. Это привело к тенденции связывать биологические эффекты облучения с продолжительностью прямого солнечного облучения и к приоритету в развитии методов пространственно-временного расчета по отношению к энергетическому.

Современные представления о биологической ценности УФ радиации среди физиологов и гигиенистов сложились в 50 - 80-е годы. Санитарно-гигиенические свойства суммарного УФ излучения принято оценивать в редуцированных биологических единицах измерения эффективного потока лучистой энергии, которые установлены для антирахитного, загарного и бактерицидного действия. Определены:

- пороговая - 80 мэрч·м^2,
- профилактическая – 8 - 10 мэр·ч/м^2 (для городских условий - 12 мэр*ч/м^2),
- оптимальная - 0,3 - 0,6 от пороговой дозы облучения.

Известны также стерилизующие дозы бактерицидного облучения и зависимость процента погибающих бактерий от его количества. Однако вопрос этот недостаточно изучен.

Результаты научных исследований указали на отсутствие корреляционной связи между расчетной продолжительностью инсоляции помещений и продолжительностью облучения находящихся в различных его точках биологических объектов. Известные достижения в области строительной физики и гигиены служат достаточным основанием для перехода к дозированию солнечного облучения человека и окружающей его среды.

Необходимость разрешения сложных противоречий между технико-экономическими и гигиеническими требованиями к инсоляции застройки привела в последние годы к развитию энергетического метода расчета.

Комплексный градостроительный метод оценки инсоляции, или энергетический, основывается на совместном рассмотрении энергетической и геометрической картин экранирования и широком использовании ЭВМ.

Эволюция развития энергетического метода прослеживается от создания его основ (В.А. Белинский, Г. Плейжел) до моделирования инсоляционного режима застройки на ЭВМ в УФ области (Д.В. Бахарев, Н.В. Оболенский) и по всему оптическому спектру Солнца (Л.Н. Орлова), базирующегося на фундаментальных теоретических данных о радиационных и фотобиологических процессах.

Для решения поставленной Госстроем СССР проблемы при координации НИИ стройфизики было проведено комплексное исследование, послужившее обоснованием для внесения изменений в нормирование инсоляции.

В основу нормативных показателей был впервые положен энергетический метод расчета, а в качестве отправной принята годовая доза возможного суммарного УФ облучения, дифференцированная по климатическим зонам.

Результаты исследования нашли свое отражение в «Санитарных нормах обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки» - СН 2605-82 и СНиП 2.07.01.89 «Планировка и застройка городских и сельских поселений».

Суть внесенных изменений сводилась к снижению продолжительности инсоляции (так, в центральной зоне продолжительность инсоляции помещений снижена с 3 до 2,5 ч), допущению ее однократной прерывности, что привело к упорядочению разрывов между зданиями в застройке при сохранении ее гигиенических качеств.

Разработан также инженерный метод реализации предложений по оценке инсоляции помещений, в основе которого лежит система расчета секторальных углов наклонной плоскости, проходящей через расчетную точку (рис.60).

Расчетным параметром является сектор открытости небосвода (45°), в пределах которого обеспечивается доступ солнечных лучей в заданную точку.

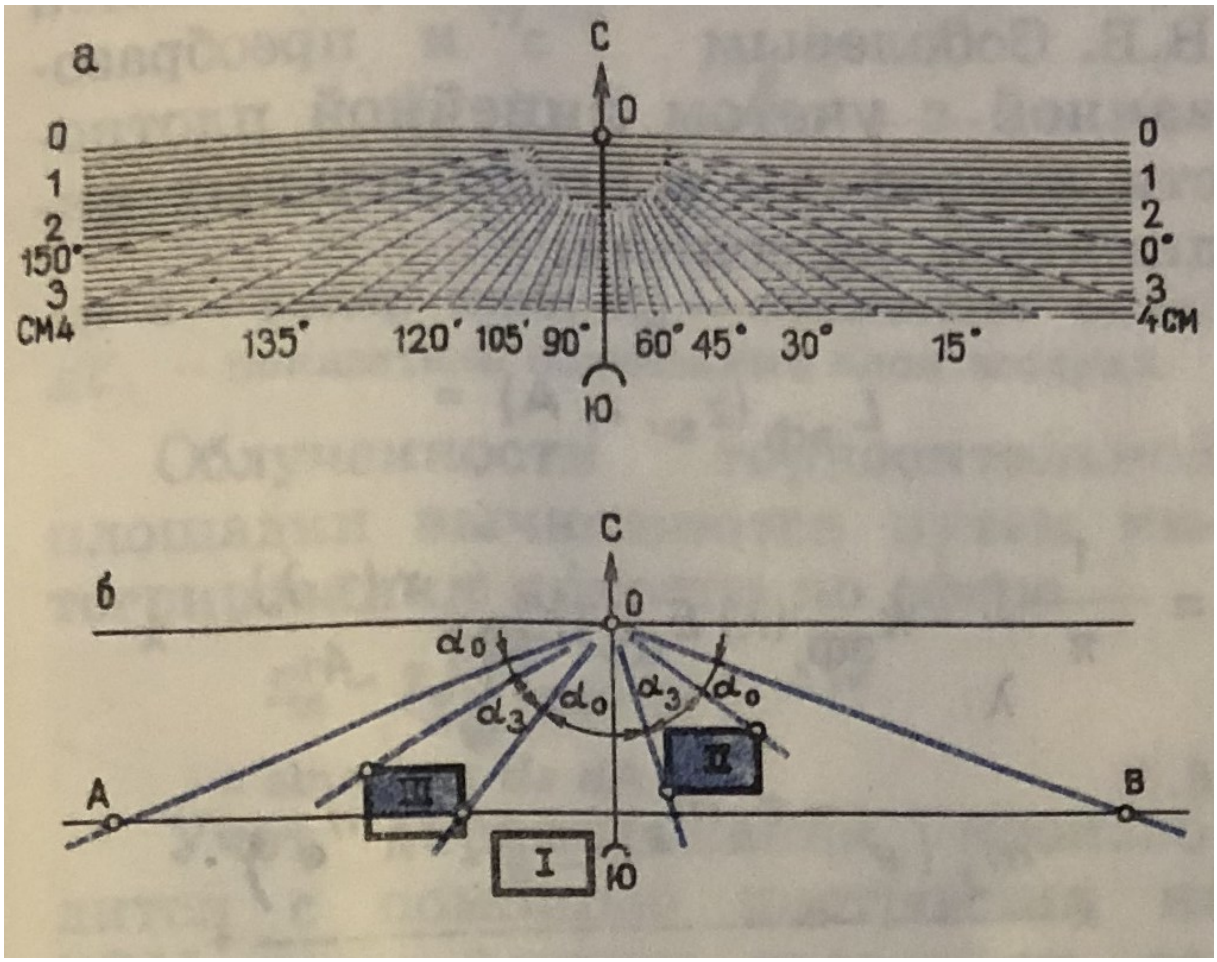


Рис. 60. График для расчета величина открытых секторов небосвода (а) и основные случаи расположения зданий относительно открытых секторов небосвода (б)

График для определения величины открытых секторов небосвода аналогичен рассмотренным выше универсальным графикам А.М. Рудницкого, М. Тваровского, Б.А. Дунаева в дни равноденствия, что является несомненным достоинством предлагаемой методики. Этот метод представляет собой попытку косвенной оценки инсоляции с учетом экранирующего воздействия застройки и поступления в помещения некоторого минимума солнечной радиации.

Однако вопрос оценки инсоляции территорий тогда не получил своего разрешения. В связи с этим автором разработан метод энергетической оценки и регулирования инсоляции на жилых территориях, существо которого излагается ниже.

9.8. Моделирование на ЭВМ инсоляционного режима жилых территорий

Моделирование инсоляционного режима жилых территорий на ЭВМ - это процесс, при котором с помощью специализированного программного обеспечения рассчитывают продолжительность инсоляции - облучения поверхностей и пространств прямыми солнечными лучами.

Это позволяет:

- анализировать поведение солнечного света и тени в разных временных диапазонах;
- выявлять возможные зоны затенения от соседних строений;
- определять, соответствует ли расчётная продолжительность инсоляции нормативным требованиям.

Для расчёта инсоляции используют, например:

Геометрические методы - определяют направление и период поступления потока солнечных лучей.

Энергетические методы - определяют плотность потока, создаваемую им облучённость и экспозицию в лучистых или эффективных единицах измерения.

Энергетический метод расчета инсоляции на жилых территориях базируется на построении компьютерной модели излучающего небосвода и застройки [5].

В основу моделирования прямой солнечной радиации положены современные расчетные методы актинометрии.

Ослабление потока прямой солнечной радиации подчинится закону Бугера – Ламбера, который определяет ослабление интенсивности пучка монохроматического света при его прохождении через поглощающую среду (часто называют законом Бугера).

Пучок света интенсивностью I_0 при прохождении через слой поглощающего вещества толщиной l ослабляется до интенсивности

$$I = I_0 \exp(-k\lambda l), \text{ где}$$

$k\lambda$ – показатель поглощения, различный для разных длин волн.

Закон экспериментально установлен в 1729 П. Бугером, в 1760 теоретически обоснован И. Г. Ламбертом при простых предположениях: относительное изменение интенсивности света dI/I при прохождении слоя вещества толщиной z определяется уравнением

$$dI / I = -k\lambda z$$

Решением этого уравнения и является Б.–Л.–Б. з. Физич. смысл закона заключается в независимости поглощения (потери фотонов) от интенсивности света, проходящего через вещество.

Однако при очень больших интенсивностях света (сфокусированное импульсное излучение лазера) закон может нарушаться, kλ становится зависящим от интенсивности.

Для растворов веществ, поглощающих свет, в непоглощающих растворителях закон обобщён немецким учёным А. Бером в 1852. Показатель поглощения для растворов может быть записан в виде:

$$K\lambda = \varkappa\lambda C, \text{ где}$$

C – концентрация растворённого вещества,

$\varkappa\lambda$ – показатель поглощения раствора единичной концентрации, характеризующий взаимодействие молекулы поглощающего вещества со светом длины волны λ и не зависящий от концентрации.

Соотношением Бера можно пользоваться, измеряя поглощение, для быстрого определения концентрации веществ, химический анализ которых оказывается сложным. Однако при значительном увеличении концентрации поглощающего вещества наблюдаются отступления от этого соотношения.

Также для моделирования могут использовать инсоляционные графики - проекцию на горизонтальную плоскость солнечных лучей, проходящих через фиксированную точку на протяжении дня, или солнечные карты - проекцию небосвода на горизонтальную плоскость в виде круга с нанесением на нём траектории движения солнца в определённый момент времени.

Некоторые программы для моделирования инсоляционного режима жилых территорий на ПК:

- «СИТИС: Солярис». Позволяет создавать расчётные светотехнические модели зданий и территорий, выполнять расчёты инсоляции и освещённости по нормативным методикам. Есть 3D-визуализация, которая показывает, как будет падать солнечный поток на застройку.
- Formit. Позволяет рассчитывать объекты с учётом географического положения, траектории движения солнца в определённый момент времени, объёмного решения проектируемых зданий, существующей и проектируемой окружающей застройки, её архитектурных особенностей.

- RusKEO. Предназначена для выполнения расчётов инсоляции и коэффициента естественной освещённости помещений, работает в режиме онлайн. В результате расчётов пользователь получает отчёт с текстовой и графической частью, сравнениями с нормативными значениями и выводами о соответствии или несоответствии помещений требованиям нормативной документации.

Расчёты инсоляции жилых территорий регламентируются, например:

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 - «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий»,
- ГОСТ Р 57795-2017 - национальный стандарт Российской Федерации, устанавливает правила расчёта продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий и территорий.

Результаты моделирования инсоляционного режима жилых территорий используются, например:

- проектирование градостроительных комплексов и планировки жилых массивов. Учёт требований к инсоляции позволяет размещать здания на генплане, подбирать их конструкции;
- выявление проблем - например, если не все сооружения проходят по нормам инсоляции, это помогает скорректировать этажность зданий, изменить частоту застройки (расстояние между зданиями) или провести работу над облицовкой зданий;
- анализ влияния проектируемых объектов на близлежащие территории, например, при проектировании многоэтажной уплотнительной застройки расчёт инсоляционного режима с построением модели затенения позволяет выявить наиболее проблемные участки.

На рисунке представлена укрупненная блок-схема алгоритма расчета суммарного облучения расчетных точек территории застройки для реализации на ПК на основе Фортран-программы.

В программу в качестве исходных блоков входят подпрограммы расчета таблицы спектральной яркости небосвода, прямой радиации на горизонтальную поверхность, а также аналитическая модель застройки (рис. 61, 62).

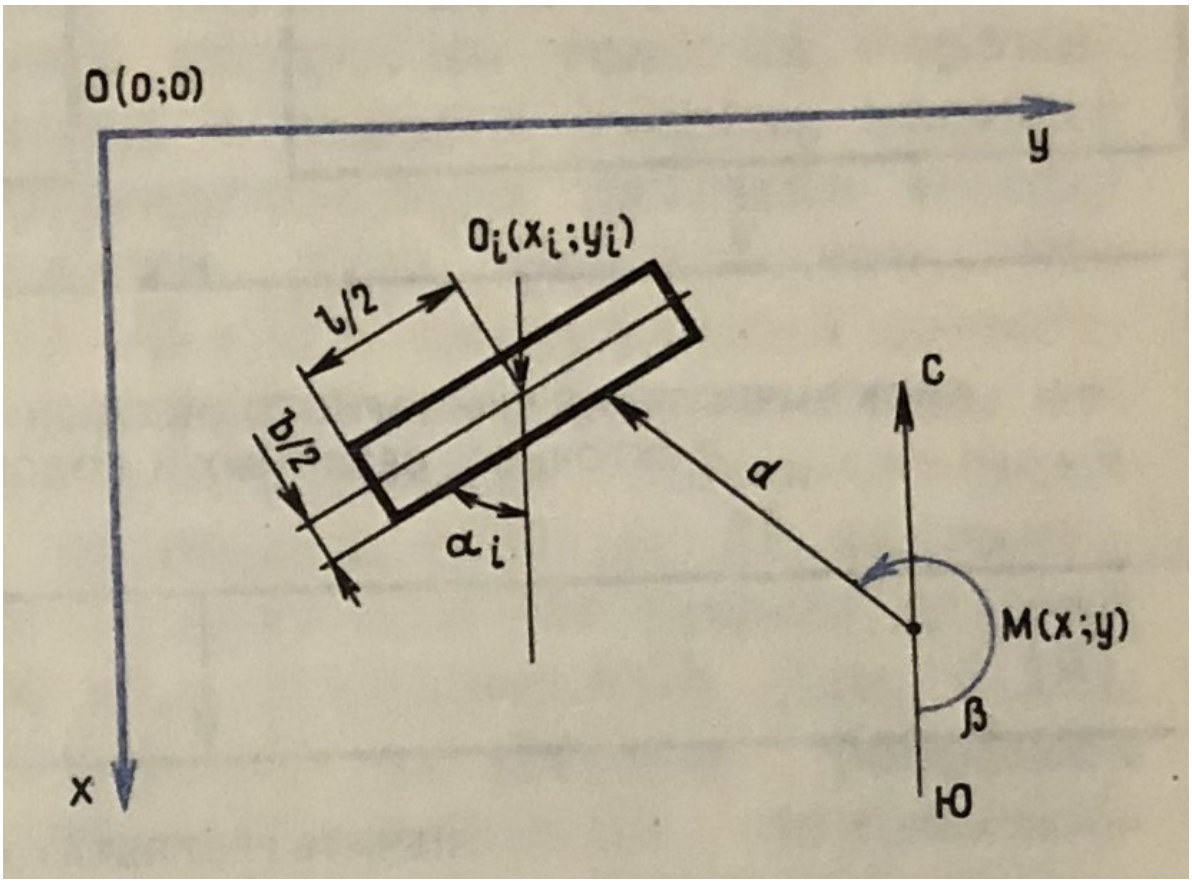


Рис.61. Расчетная схема аналитической модели застройки

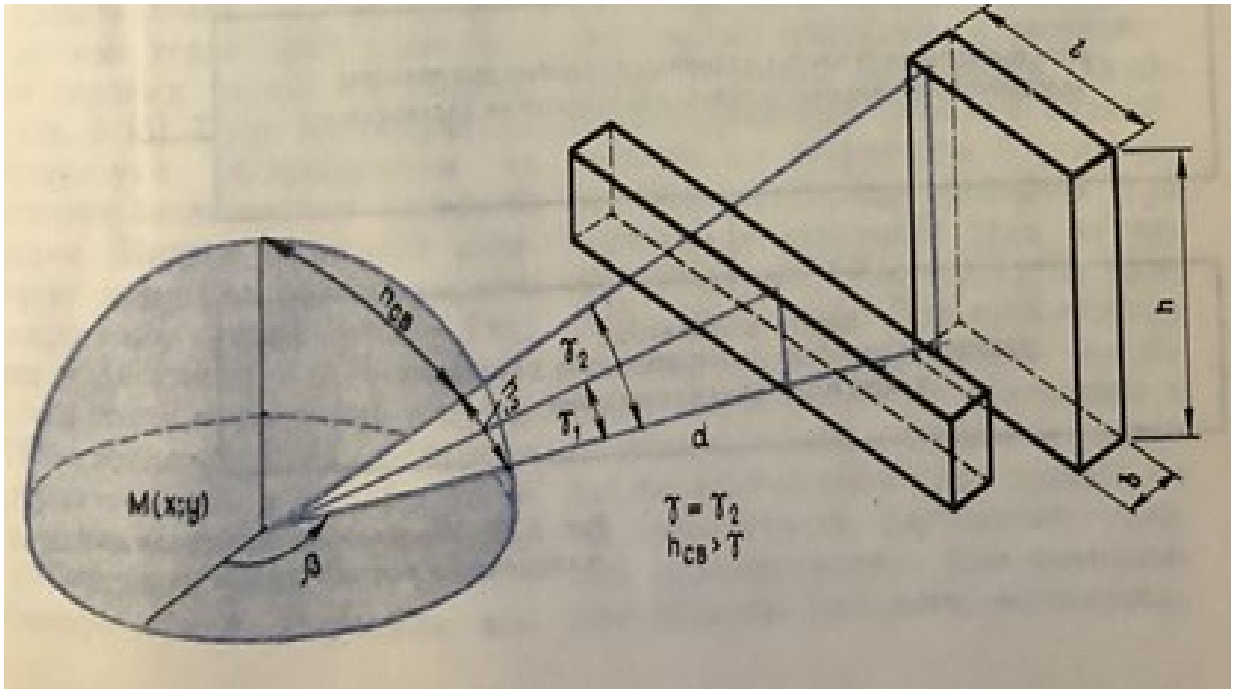


Рис. 62. Расчетная схема к определению параметров экранирования

Фортран-программа является универсальной, поскольку позволяет получить спектральные, интегральные и эффективные характеристики радиационного режима в оптическом спектре Солнца (290 нм < λ < 5000 нм) в суточных, сезонных и годовых циклах на территории застройки в различных архитектурно-планировочных приемах.

9.9. Энергетическая оценка условий инсоляции на жилых территориях

Энергетический метод оценки и регулирования инсоляции на жилых территориях позволяет решать сложные градостроительные задачи по формированию объемно-пространственной структуры жилых образований с учетом функционального зонирования жилых территорий и на этой основе разрабатывать приемы благоустройства и озеленения.

В качестве представительных показателей оценки инсоляции жилых территорий приняты энергетические показатели, основанные на учете суммарных годовых или сезонных доз облучения, что соответствует современным гигиеническим представлениям о биологической значимости УФ облучения.

Наглядное представление об инсоляционном режиме территорий дают изолинии годовых полей УФ облучения (рис.). Поля УФ облучения характеризуют распределение на территории биологически активной радиации [17].

Индекс изолиний соответствует величине относительного экранирования территорий. Так, индекс изоляции ≀ = 0,30 показывает, что точки территории получают 70% возможной на свободном горизонте годовой дозы облучения или теряют вследствие экранирования 30% годовой дозы (рис. 63).

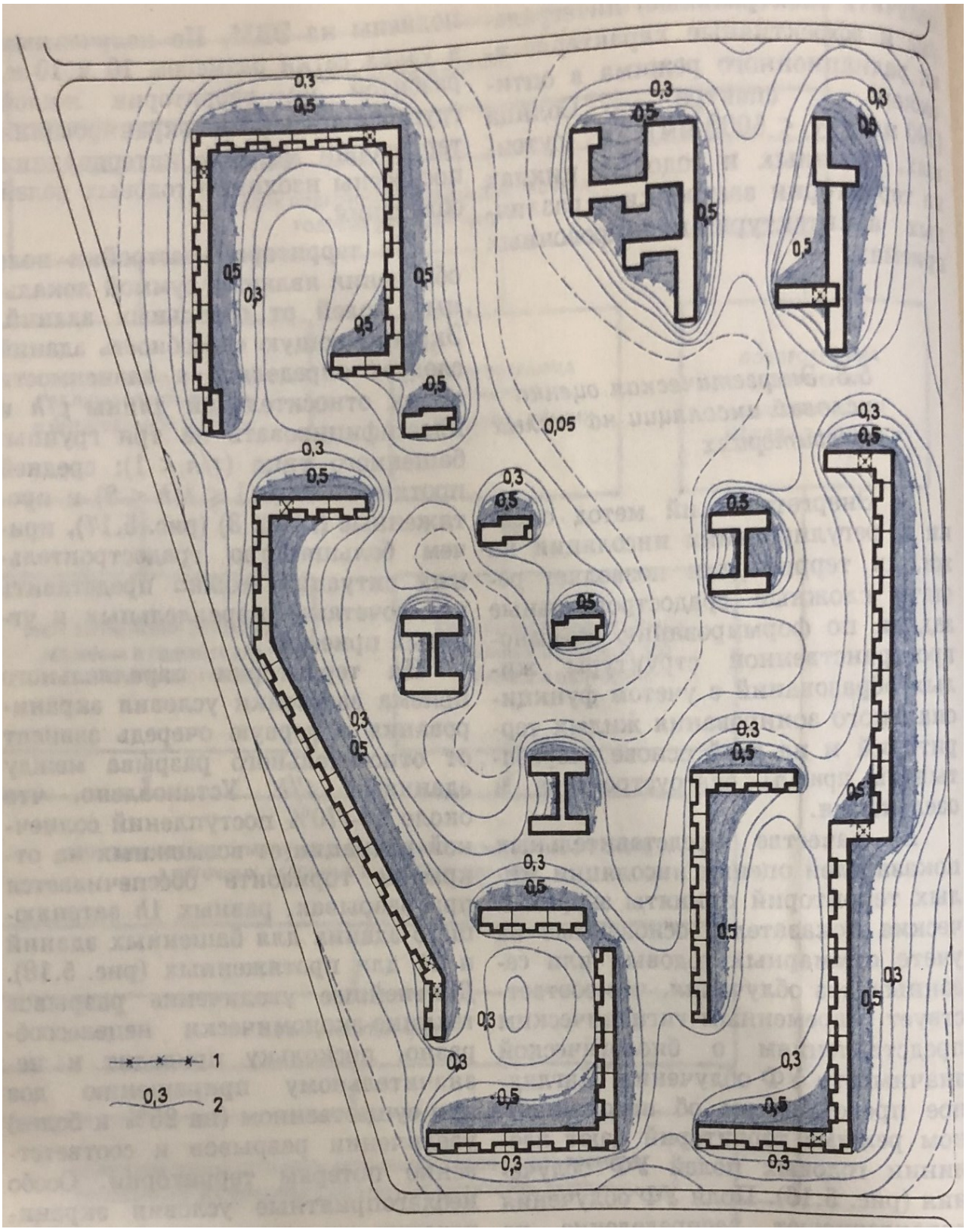


Рис. 63. Оценка условий инсоляции территории микрорайона № 1 жилого района "Мещерское озеро» в Нижнем Новгороде: 1 - аппроксимация изолинии ⌇ = 0 - 0,5 полу эллипсом; 2 изолинии годового поля УФ облучения территории

Расчеты полей облучения выполнены на ЭВМ. По полученным в узлах сетки размером 10 х 10 м, разбитой на территории жилой группы, значениям экранирования территории методом интерполяции построены изолинии годовых полей облучения (рис. 64).

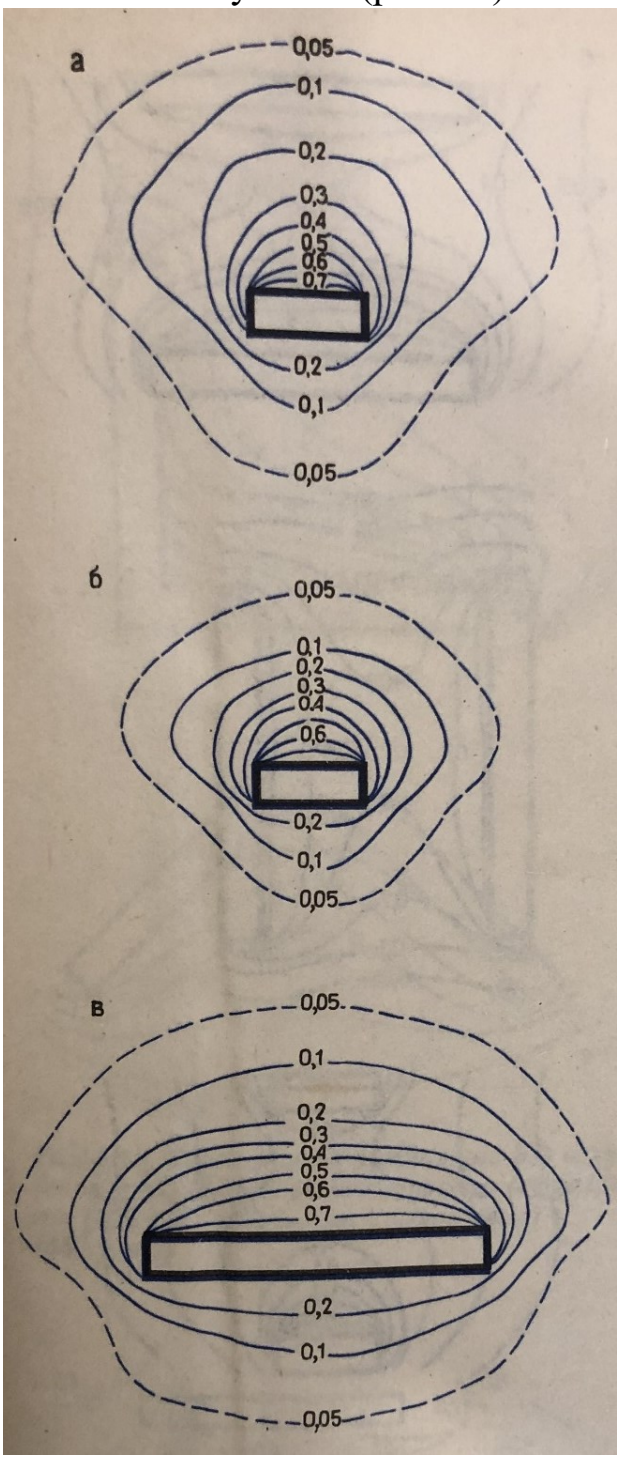


Рис.64. Годовые поля суммарного УФ облучения территории вокруг башенного (а), средней протяженности (б) и протяженного (в) зданий широтной ориентации (55° с.ш.)

На территории застройки поле облучения является суммой локальных полей от отдельных зданий. Экранирующую способность зданий следует определять в зависимости от их относительной длины t/h и классифицировать на три группы:

- башенного типа (t/h < 1);
- средней протяженности (1 <: t/h < 3);
- протяженные (t/h ≥3), причем большинство градостроительных ситуаций можно представить, как сочетание параллельных и угловых приемов.

На территории параллельного приема застройки условия экранирования в первую очередь зависят от относительного разрыва между зданиями t′/h. Установлено, что около 60 - 70% поступлений солнечной радиации от возможных на открытом горизонте обеспечивается при разрывах, равных 1h. затеняющего здания для башенных зданий и 2h для протяженных.

Дальнейшее увеличение разрывов технико-экономически нецелесообразно, поскольку приводит к незначительному приращению доз при существенном (на 25% и более) увеличении разрывов и соответственно потерям территории.

Особо неблагоприятные условия экранирования на территории с угловым приемом застройки создаются при вершине внутреннего угла на незначительном (t′/h. < 0,5 - 1) удалении от фасадов. При этом степень экранирования территорий возрастает на 25 - 50% по сравнению с отдельно стоящим зданием.

Ориентация внутреннего угла приема на юг способствует улучшению условий экранирования.

Для уменьшения области большого экранирования (ʅ = > 0,5) следует устраивать разрывы в устраивать разрывы в углах между торцами зданий (рис. 65).

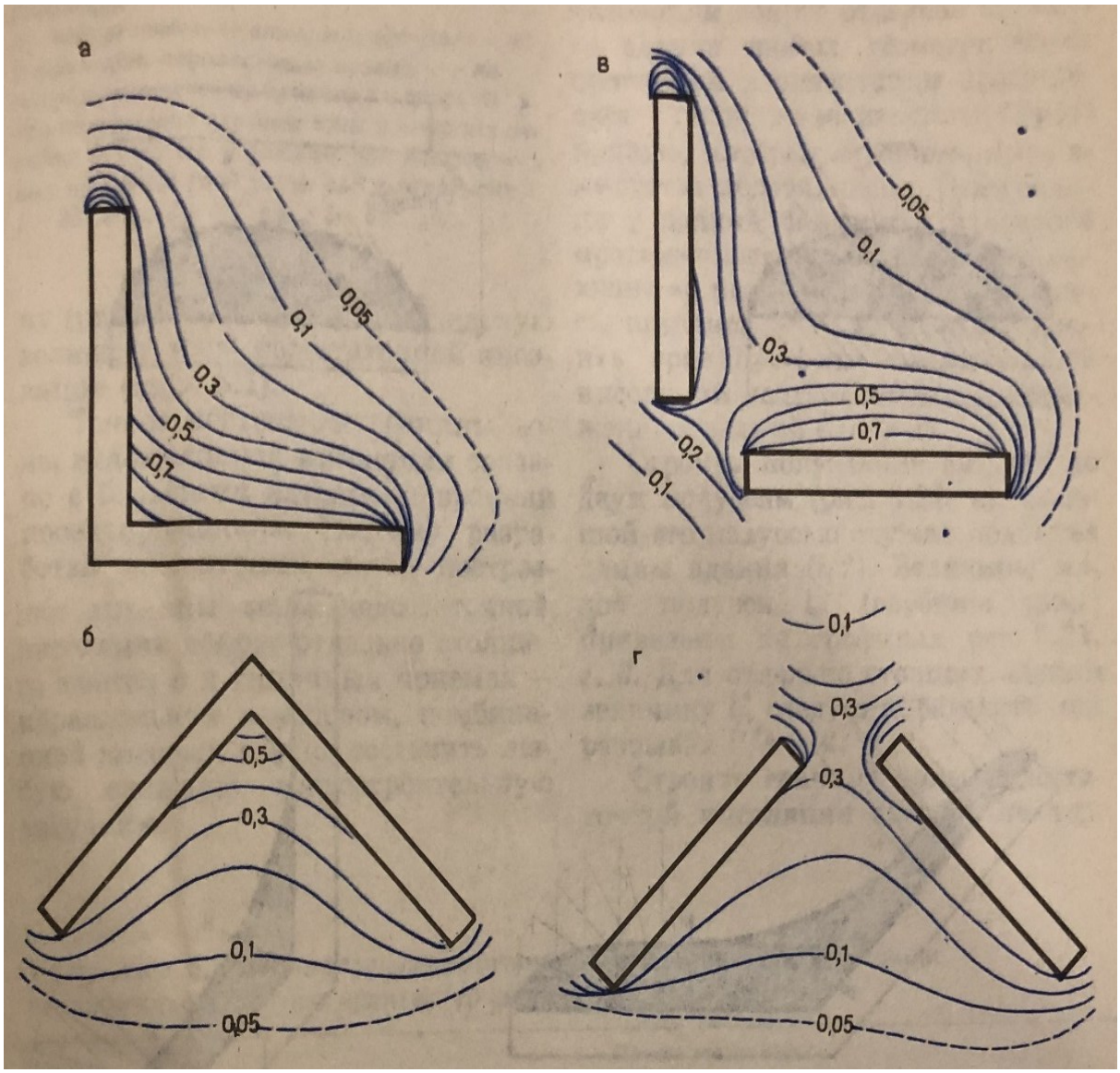


Рис.65. Годовые поля суммарного УФ облучения территории углового приема без разрывов (а, б) и с разрывами в углах (в, г) (55° с.ш.)

Сочетанием параллельных и угловых приемов можно составить прием замкнутого двора с разрывами в одном или нескольких углах (рис.). Такой пример позволяет создать компактные жилые образования при увеличении плотности застройки и использовать внутреннее пространство дворов под площадки различного назначения [11].

Если двор имеет широтную ориентацию, то следует ограничивать его протяженность, поскольку протяженные здания широтной ориентации имеют глубокую зону большого экранирования, прилегающую к северному фасаду (рис. 66).

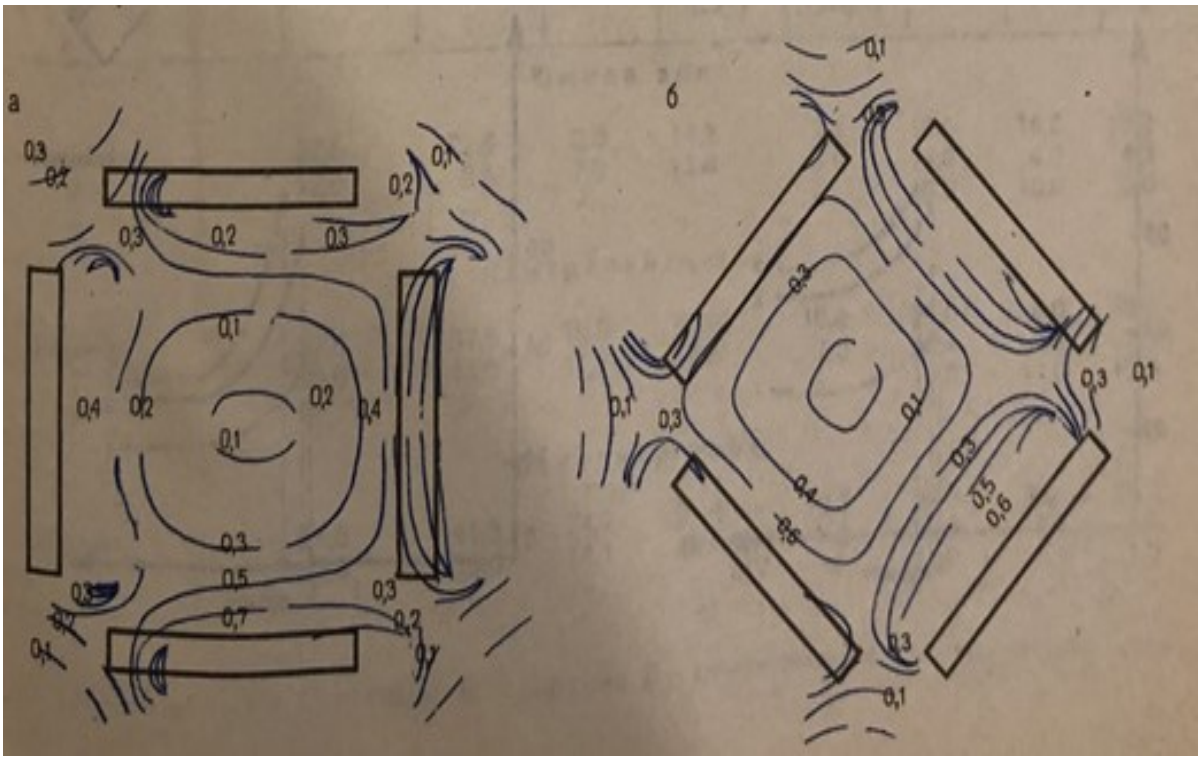


Рис.66. Годовые поля суммарного УФ облучения территории квадратного замкнутого двора с разрывами в углах (55° с.ш.): а - широтно-меридиональной ориентации; б - диагональной ориентации

На территории жилой группы с помощью метода изолиний и инженерного метода, изложенного ниже, можно выбрать оптимальные по условиям инсоляции места размещения площадок общеоздоровительного характера.

Детские игровые площадки и игровые устройства спортивных площадок, места для детских колясок и скамей для отдыха на территории жилой застройки следует размещать вне зоны недостаточной инсоляции.

Зоной недостаточной инсоляции называется зона, в пределах которой не обеспечивается гигиенически необходимый минимум биологически активной солнечной радиации.

В настоящее время количественные гигиенические критерии, основанные на непосредственном нормировании доз облучения, отсутствуют.

Поэтому минимальная годовая доза УФ облучения территорий была определена по аналогии со СНиП 11-60-75 исходя из обеспечения нормативной продолжительности инсоляции территории в различных зонах страны.

Граница зоны недостаточной инсоляции установлена по границе зоны большого экранирования - изолинии с индексом ⍳ = 0,5.

Соответствующая ей астрономически возможная годовая доза УФ облучения возрастает от 35 кВт*ч/м^2 на 65° с.ш. до 65 кВтч*м^2 на 35° с.ш. Средние на территории страны (f = 55°с.ш.) значения этой дозы - 45 кВтч*м^2 (сезонная 35 кВт ч/м^2), или соответственно 190 эр* ч/м^2 и 50 бакт*ч/м^2 для эффективной эритемной и бактерицидной радиации(сезонные -150 эр* ч/м^2 и 40 бакт *ч/м^2) - предложены в качестве представительных показателей оценки инсоляционного режима территорий.

Установление этого представительного показателя оценки инсоляции позволило определить глубину относительную величину зоны, недостаточной инсоляции (рис).

Точное построение границы зоны недостаточной инсоляции связано с большими затратами времени проектировщиков.

Поэтому разработан инженерный метод построения границы зоны недостаточной инсоляции вокруг отдельно стоящего здания и в типичных приемах – параллельном и угловом, комбинацией которых можно составить любую сложную градостроительную ситуацию.

Граница зоны недостаточной инсоляции вокруг отдельно стоящего здания любых геометрических пропорций и ориентации представляет собой квазиэллиптическую кривую, которая хорошо аппроксимируется полуэллипсом. Эта граница у зданий башенных и средней протяженности практически не выходит за пределы придомовой полосы шириной 5 – 10 м.

Поэтому строить границу зоны недостаточной инсоляции следует только у протяженных зданий (рис. 67).

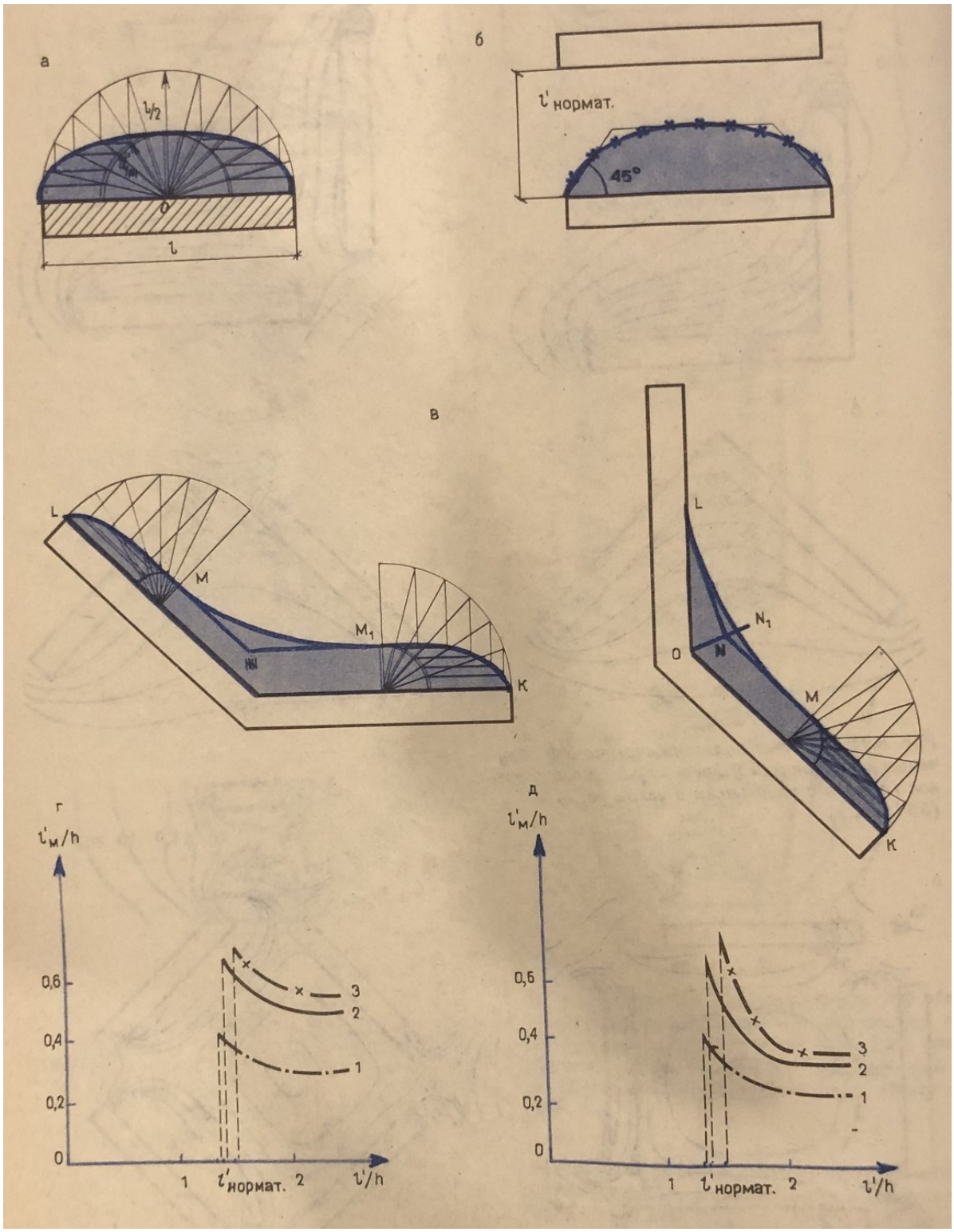


Рис. 67. Построение зоны недостаточной инсоляции: а – вокруг отдельно стоящего здания; б – на территории параллельного приема; в – на территории углового приема; г – графики для определения глубины зоны у северных фасадов; д – то же, у фасадов, ориентированных на СВ-СЗ (под углом 45° к меридиану):
1-35° с.ш., 2-55° с.ш., 3-65° с.ш.)

Строить полуэллипс следует по двум полуосям. Большой его полуосью служит половина длины здания. Величины малой полуоси приведены на графиках.

Строить границу зоны недостаточной инсоляции следует на территории, прилегающей к северным фасадам отдельно стоящих зданий, с ориентацией на запретные по условиям инсоляции помещений секторы горизонта в пределах:

- для южной зоны 0 - 46° и 314 - 360°;
- центральной – 0 - 52° и 308 -360°;
- северной – 0 - 55° и 305 - 360°.

В остальных случаях граница зоны недостаточной инсоляции занимает придомовую полосу и ее построения не требуется.

При параллельном приеме застройки метод построения аналогичен построению границы для отдельно стоящего здания.

Величину малой полуоси в зависимости от разрыва следует определить по графикам.

В угловом приеме застройки при ориентации фасадов в пределах 0 - 90° и 270 - 360° построение границы зоны недостаточной инсоляции представлено на рисунке.

При использовании этого метода в градостроительном проектировании построением эллиптических кривых можно пренебречь, заменив их отрезками прямых.

Таким образом, предложенный метод оценки инсоляционного режима территорий жилой застройки с использованием ПК позволяет получить как полную графическую картину инсоляции территории, так и достаточно удобный конструктивный метод реализации энергетических критериев инсоляции при проектировании.

Темы докладов и сообщений

1. Городской мезоклимат: формирование и основные отличия от фоновых (загородных) условий

2. Острова тепла» в городе: причины возникновения и влияние на температурный режим городской среды

3. Роль элементов благоустройства в формировании микроклимата: искусственные покрытия и зеленые насаждения

4. Ландшафтно-климатическое зонирование крупного города на примере планировочной структуры

5. Уравнение теплового баланса человека как инструмент для оценки и прогноза микроклимата жилых территорий

6. Биоклиматическая классификация погодных условий и оценка комфортности городской среды по Е.М. Ратнеру

7. Строительно-климатический паспорт города: структура, назначение и примеры разработки

8. Нормирование инсоляции в градостроительстве: от санитарных норм до современных методов энергетической оценки

9. Эволюция методов расчета инсоляции: от графиков Дунаева и Плейжела к компьютерному моделированию

10. Энергетическая оценка инсоляционного режима жилых территорий: методология, представительные показатели и практическое применение

Контрольные вопросы

1. Дайте определения макро-, мезо- и микроклимату в городских условиях.

2. Какие факторы становятся решающими для формирования городского мезоклимата в отличие от природных условий?

3. Перечислите не менее пяти характерных отличий метеорологического режима крупного города от окружающей местности (по температуре, радиации, осадкам, влажности, туманам).

4. Объясните причины формирования «острова тепла» и характерного суточного хода осадков.

5. Какие две ключевые особенности деятельной поверхности города формируют его микроклимат?

6. Объясните понятие «закрытость горизонта» и как она определяется.

7. Сравните влияние на микроклимат искусственных покрытий (асфальт) и зелёных насаждений, указав на их противоположную роль в летний период.

8. Назовите основные функциональные зоны, выделяемые на территории крупного города.

9. По какому принципу проводится внутризональное климатическое районирование (на примере схемы в тексте)?

10. Какая зона характеризуется наиболее ухудшенными биоклиматическими показателями и почему?

11. Какой физиологический показатель лежит в основе уравнения теплового баланса человека для оценки микроклимата?

12. Каков диапазон для комфортных ощущений?

13. Какие практические рекомендации по планировке и благоустройству даны для улучшения микроклимата придомовых полос, проездов/тротуаров и площадок отдыха?

14. Какова роль вертикального озеленения и затенения?

15. Что такое «бытовые пороги ощущений»?

16. Какой комплексный показатель является основным биоклиматическим критерием оценки погодных условий по теплоощущениям человека?

17. Каково назначение строительно-климатического паспорта города?

18. На какие две основные группы делятся содержащиеся в нём характеристики?

19. Для каких стадий градостроительного проектирования используются данные фоновой (загородной) и местной (микроклиматической) ситуаций?

20. Чем принципиально различаются геометрический (например, метод ортогонального проектирования с использованием графиков А.М. Рудницкого) и энергетический методы расчёта инсоляции?

21. Какой основной гигиенический критерий лежит в основе современного нормирования инсоляции согласно энергетическому методу?

22. Что понимается под аэрацией городских территорий и для решения каких практических задач необходимо её учитывать?

23. Каковы возможности моделирования инсоляционного режима на ПК и какие задачи это позволяет решать на стадии градостроительного проектирования?

Глава 10. АЭРАЦИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

10.1. Задачи аэрации городских территорий

Аэрация городских территорий - это естественное регулируемое проветривание территории городов и поселений.

При взаимодействии воздушного потока с природным, антропогенным и техногенным ландшафтом изменяется как скорость ветра, так и его направление. Эти факторы и их изменение характеризуют аэрационный режим города.

Учёт аэрационного режима необходим для решения ряда задач, в том числе:

- учёт ветровых нагрузок на здания и сооружения;
- оценка территории с точки зрения пребывания человека вне зданий (комфорт, дискомфорт);
- защита от последствий пылеветровой и метелевой деятельности;
- определение степени дефляции почвы с различных участков рельефа при проведении работ по благоустройству и озеленению территории;
- размещение элементов благоустройства, озеленения, зон и площадок для детей, отдыха, спорта и т. д.

Для оценки аэрации населённых мест создаются карты аэрационного режима - совокупность участков, на которых определяется скорость и повторяемость ветра для рассматриваемого направления.

Как уже отмечалось выше ветровой режим территории предопределяется двумя факторами: термической неоднородностью и характером подстилающей поверхности.

Ветер, распространяясь по прямой из области повышенного давления в область пониженного, вызванного разностью температур в двух точках земной поверхности, встречая на своем пути различные естественные и искусственные преграды, неровности и шероховатости, изменяет не только скорость, но и направление потока.

Изучению закономерностей ветрового режима в градостроительных целях в нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание.

Среди многих ученых, занимавшихся вопросами аэрации населенных мест, за последнее время заметным явлением стали работы отечественных ученых Э.И. Реттера и Ф.Л. Серебровского.

На основе теории ветрового режима пометоду источников и стоков онипредложили гипотезу о ярусном строении воздушного бассейна населенных мест и математическую модель процесса трансформации воздушного потока при обтекании городской территории.

В экспериментальных исследованиях на физических моделях в аэродинамической трубе названные авторы установили основные закономерности формирования воздушного потока над территорией города, подтвердив свои теоретические предпосылки, и разработали практические рекомендации по учету ветра в градостроительном проектировании.

При этом аэрационный режим на территории населенного места рассматривается в двух аспектах:

- в условиях жаркого климата, где преобладают штилевые погодные условия (IV и V к.р.), необходимо предусматривать мелиорацию (проветривание) селитебных территорий;
- для северной зоны (I и II к.р.), где преобладают холодные зимние ветры, необходимы мероприятия по защите территорий от их пагубного влияния.

Ниже на основе теоретических предпосылок и экспериментальных исследований о ветровом режиме на территории населенных мест излагаются практические методы учета аэрации при разработке проектов застройки жилых районов и микрорайонов.

10.2. Процесс обтекания поверхностей и закономерности движения воздушных потоков на городской территории

Представляя город как совокупность естественных и искусственных преград на пути воздушного потока, Ф.Л. Серебровский квалифицирует их понятием шероховатости подстилающей поверхности.

При этом в зависимости от масштаба и характера неровности территории она квалифицируется как гипершероховатость, макрошероховатость и микрошероховатость.

Соглашаясь в принципе и, по существу, с гипотезой о двухъярусном строении воздушного бассейна населенных мест и трехступенчатой градацией шероховатости подстилающей поверхности, воспроизводим теоретическую модель процесса трансформации воздушного потока (Ф.Л. Серебровского) с небольшими терминологическими изменениями (рис. 68).

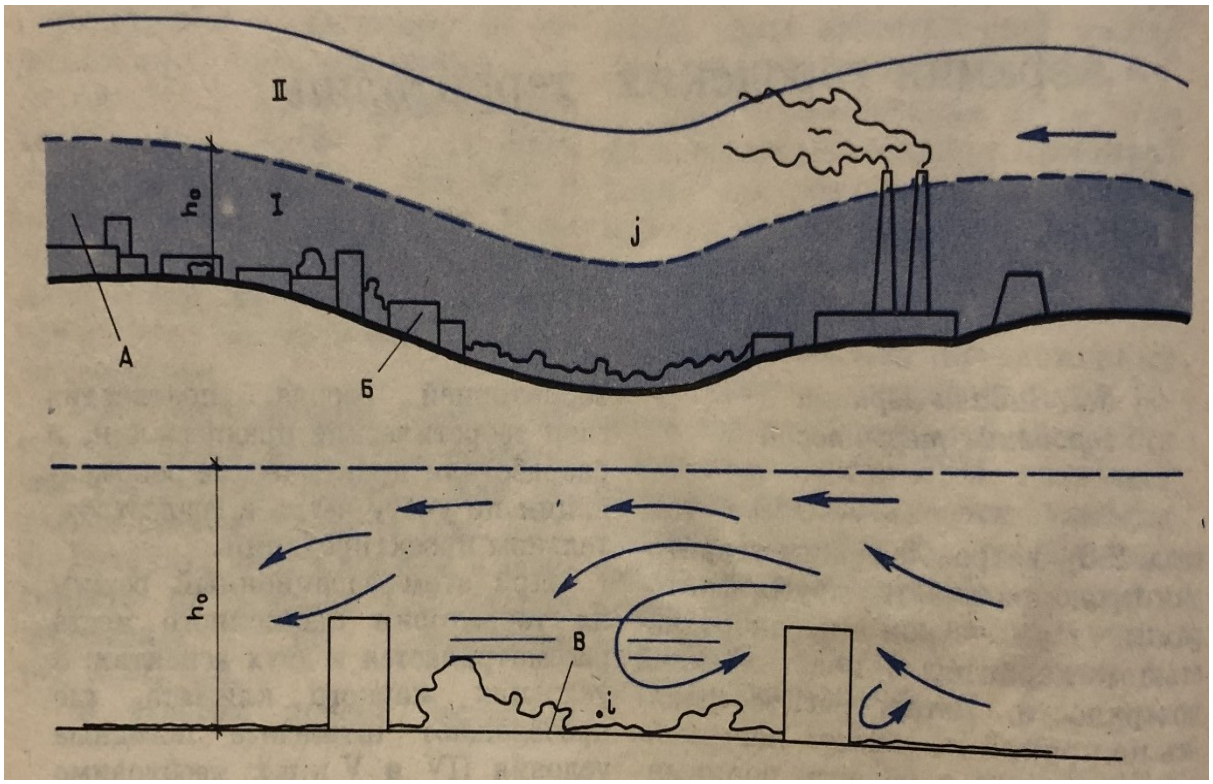


Рис. 68. Моделирование процесса трансформации воздушного потока в городе (по Ф.Л. Серебровскому): I - нижний ярус; II - верхний ярус; А - макрошероховатость; Б - мезошероховатость; В – микрошероховатость

В частности, нам представляется более уместным в соответствии с установившейся градацией климата (макро-, мезо- и микроклимат) и рельефа местности (макро-, мезо- и микрорельеф) квалифицировать шероховатость по терминологии: макро-, мезо- и микрошероховатость.

При этом под макрошероховатостью понимаются крупные неровности рельефа, масштаб которых по высоте существенно превосходит этажность застройки и находится за пределами высоты 25 - 30 м от дневной поверхности земли, но в пределах градосферы.

Соответственно мезошероховатость характеризуется неровностями, образованными самими зданиями и сооружениями (до высоты 25 - 30 м), а микрошероховатость - элементами благоустройства (зелеными насаждениями, тротуарами, проездами, малыми архитектурными формами) и небольшими неровностями почвы на высоте 2 м.

Таким образом, мезо- и микрошероховатости находятся в пределах I яруса воздушного бассейна и относятся к области городской среды, макрошероховатость в пределах I яруса - к области градосферы.

Считается, что ветровой режим (скорость и преобладающие направления ветров) за пределами I яруса предопределяется факторами географической среды, а исходные данные для расчетов по аэрации населенных мест принимаются по схематическим картам, представленным на рисунках в разделах выше.

10.3. Трансформация воздушного потока под воздействием рельефа местности

Для характеристики рельефа местности, отнесенного нами к разряду макрошероховатости, используем следующие понятия.

В зависимости от повышения (возвышения) или понижения (углубления) земной поверхности будем относить их соответственно к положительным или отрицательным формам рельефа местности.

Любая территория в отношении рельефа местности (за исключением горизонтальной плоскости) может быть представлена в виде системы наклонных плоскостей (склонов), ориентированных по странам света.

Для определения положения, крутизны и ориентации наклонной плоскости воспользуемся понятием годографа топографических векторов и экспозиции склона.

Годографом топографических векторов называется геометрическое построение плоскости склона в виде окружности, диаметром которой является главный вектор, а текущие векторы своими концами описывают контур круга (рис. 69), где главный и текущие векторы между собой связаны зависимостью.

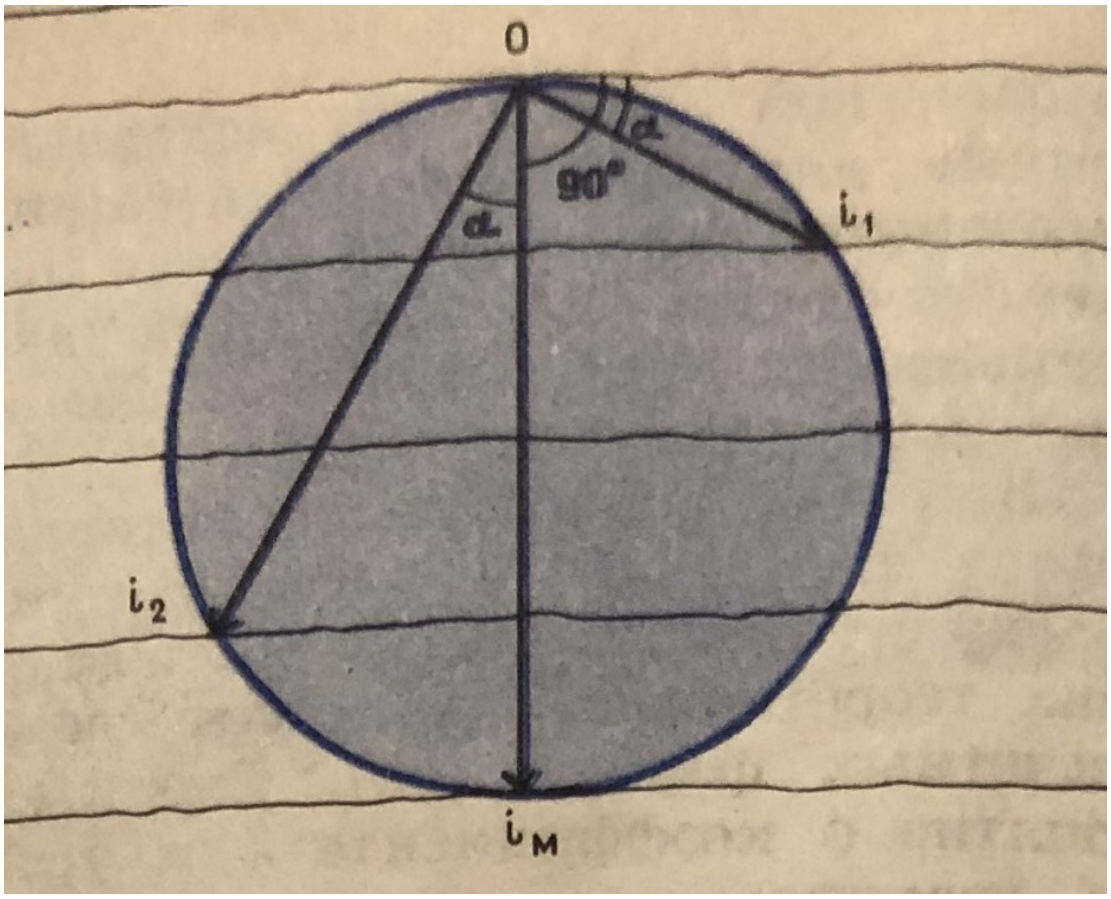


Рис.69. Построение плоскости склона в виде годографа топографических векторов

Экспозиция склона - это ориентация плоскости горизонта в направлении главного топовектора.

По аналогии с розой ветров экспозиция склона определяется азимутом или вектором в направлении, обратном направлению главного топовектора.

Известно, что любая естественная территория по рельефу местности может быть представлена как совокупность выпуклых и вогнутых поверхностей, сопряженных между собой склонами различной крутизны и экспозиции, или, наоборот, как система плоскостей склонов, сопряженных между собой выпуклыми или вогнутыми сферическими поверхностями.

Таким образом, пространственно абстрагируясь и рассматривая округлые формы рельефа в генерализованном виде как наклонные плоскости, любую естественную территорию можно представить в виде теоретической модели топографо-геодезической поверхности (рис. 70).

На указанной модели представлены: А - круглый холм в плане с криволинейными горизонталями, ориентированный по четырем сторонам горизонта - румбам: север, восток, юг, запад; азимут главного топографа; Б - генерализованная модель по рельефу в виде системы из ориентированных плоскостей по 8 румбам;

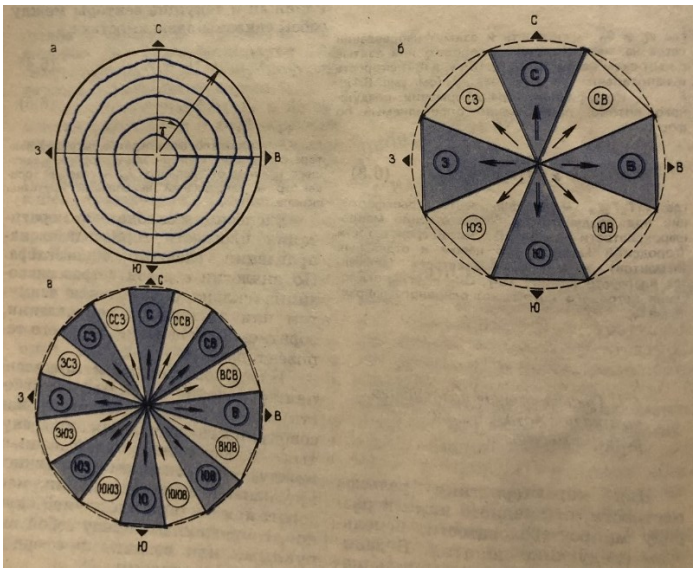


Рис.70. Векторная модель топографо-геодезической поверхности А - круглого холма; Б - в виде системы плоскостей, ориентированных по 8 румбам-горизонтам; В - то же, по 16 румбам; В - то же в виде ориентированных плоскостей по 16 румбам

Пользуясь теоретической моделью топографо-геодезической поверхности, наряду с другими задачами в области градостроительства можно решить вопросы трансформации воздушного потока на склонах разной крутизны и экспозиции.

Исследованиями ряда авторов, в том числе Ф.Л. Серебровским и Э.И. Реттером, установлены основные закономерности воздушных потоков в зависимости от рельефа местности, излагаемые ниже.

1. Горизонтальные поверхности, микрорельеф и равнинный рельеф с уклоном поверхности до 2° не оказывают существенного влияния на скорость и направления ветров.

2. При фронтальном ветре против уклона более 3° скорость ветра от подножия к вершине возрастает, достигая максимума в верхней части на бровке склона. На подветренных склонах скорость ветра от бровки по склону снижается, достигая максимума у его подножия.

3. При ветрах, дующих параллельно протяженным склонам, скорость также уменьшается от вершины к основанию косогора. В таблице приводятся коэффициенты трансформации воздушных потоков по скорости в зависимости от форм и элементов рельефа местности [24].

4. При обдувании отрицательных форм рельефа (долин, лощин, оврагов, каньонов), продуваемых ветром, скорость увеличивается, на продуваемых и замкнутых - уменьшается (табл. 21).

5. При обтекании круглого в плане холма (рис 71.) происходит следующее:

а) торможение воздушного потока перед холмом с наветренной стороны и снижение скорости ветра за холмом с подветренной стороны;

б) у вершины холма скорость ветра возрастает, трансформируясь до величины 1,1 - 1,35 скорости невозмущенного потока;

в) на высоте 3h от поверхности холма скорость ветра практически не изменяется.

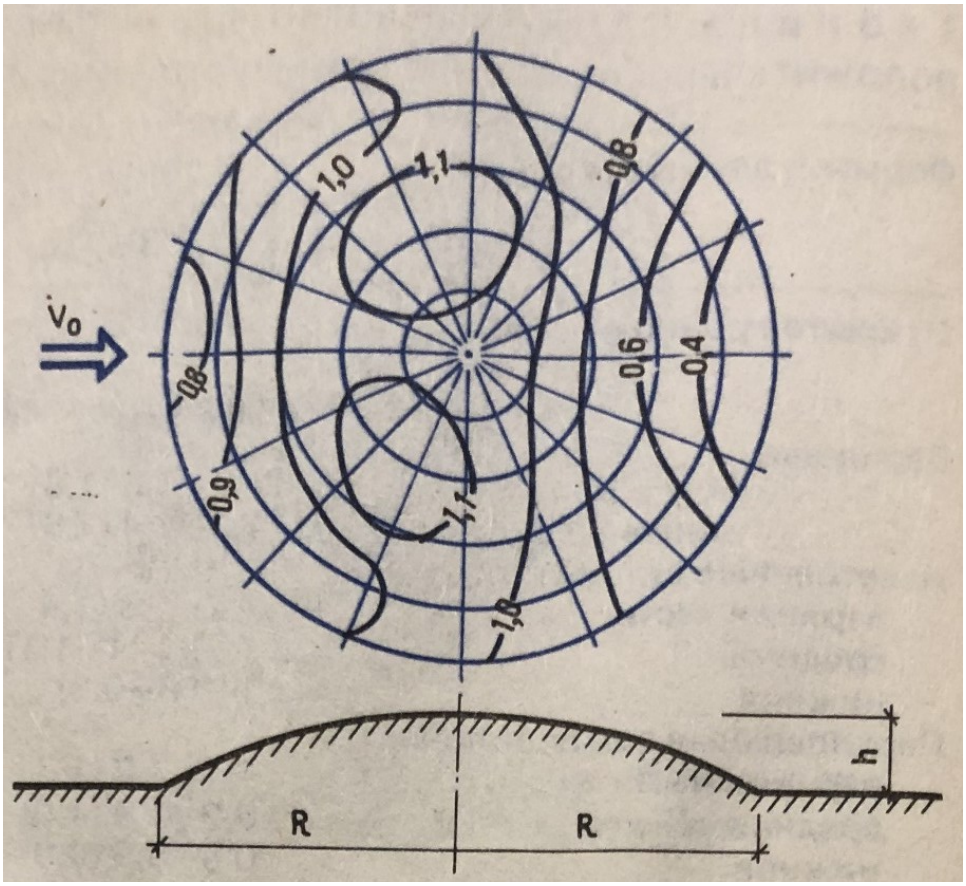


Рис.71. Изолинии коэффициентов трансформации воздушного потока, обтекающего круглый холм

Таблица 21

Коэффициенты трансформации в различных условиях положительного рельефа при неустойчивой (устойчивой) стратификации атмосферы.

Формы и элементы рельефа	Скорость ветра на ровном месте, м/с	
	3 - 5	6 - 20
Открытое ровное место	1	1
Открытые возвышенности с крутизной склонов 3°		
Вершины более 50м менее 50м	 1,4-1,5(1,6-1,8) 1,3-1,4(1,6-1,7)	 1,2-1,3(1,4-1,5) 1,1-1,2(1,3-1,5)
Наветренные склоны верхняя часть средняя часть нижняя часть	 1,2-1,3(1,4-1,6) 1-1,1 (1-1,1) 1 (0,8-0,9)	 1,1-1,2(1,3-1,5) 1-1 (1,1-1,2) 0,9-1
Параллельные ветру склоны: верхняя часть средняя часть нижняя часть	 1,1-1,2(1,3-1,4) 0,9-1,6(1,0-1,1) 0,8-0,9(0,9-1,0)	 1,0-1,1(1,2-1,3) 0,8-0,9(0,9-1,0) 0,7-0,8(0,8-0,9)
Подветренные склоны: верхняя часть средняя часть нижняя часть	 0,8-0,9 0,8-0,9(0,9-1,0) 0,7-0,8(0,8-0,9)	 0,7-0,8 0,8-0,9(0,8-1,0) 0,7-0,8 (0,8-0,9)
Возвышенная с плоскими вершинами и крутизной склонов менее 3°		
Вершины, верхние части надветренных и подветренных склонов	1,2-1,4(1,4-1,6)	1,1-1,3(1,4-1,5)
Дно и нижние части склонов долин, лощин, оврагов: продуваемых ветром не продуваемых ветром замкнутых	 1,1-1,2(1,3-1,5) 0,7-0,8 (0,6 и менее) 0,6 и менее	 1,2-1,3(1,4-1,5) 0,7-0,8(0,6 и менее) 0,6 и менее
Средние и верхние части склонов, долин, лощин, оврагов: продуваемых ветром не продуваемых ветром замкнутых	 1,2-1,3 (1,4-1,5) 0,8-0,9(0,6-0,7) 0,6 и менее	 1,1-1,2 (1,3-1,5) 0,8-0,9(0,6-0,7) 0,6 и менее

Для определения коэффициента трансформации и построения изолиний обтекания круглого в плане холма Ф.Л. Серебровский предложил эмпирическую зависимость в полярных координатах.

Значения коэффициента трансформации определены в четких точках от поверхности холма.

6. При обтекании овального в плане холма трансформация воздушного потока будет зависеть от направления ветровой атаки и крутизны склона.

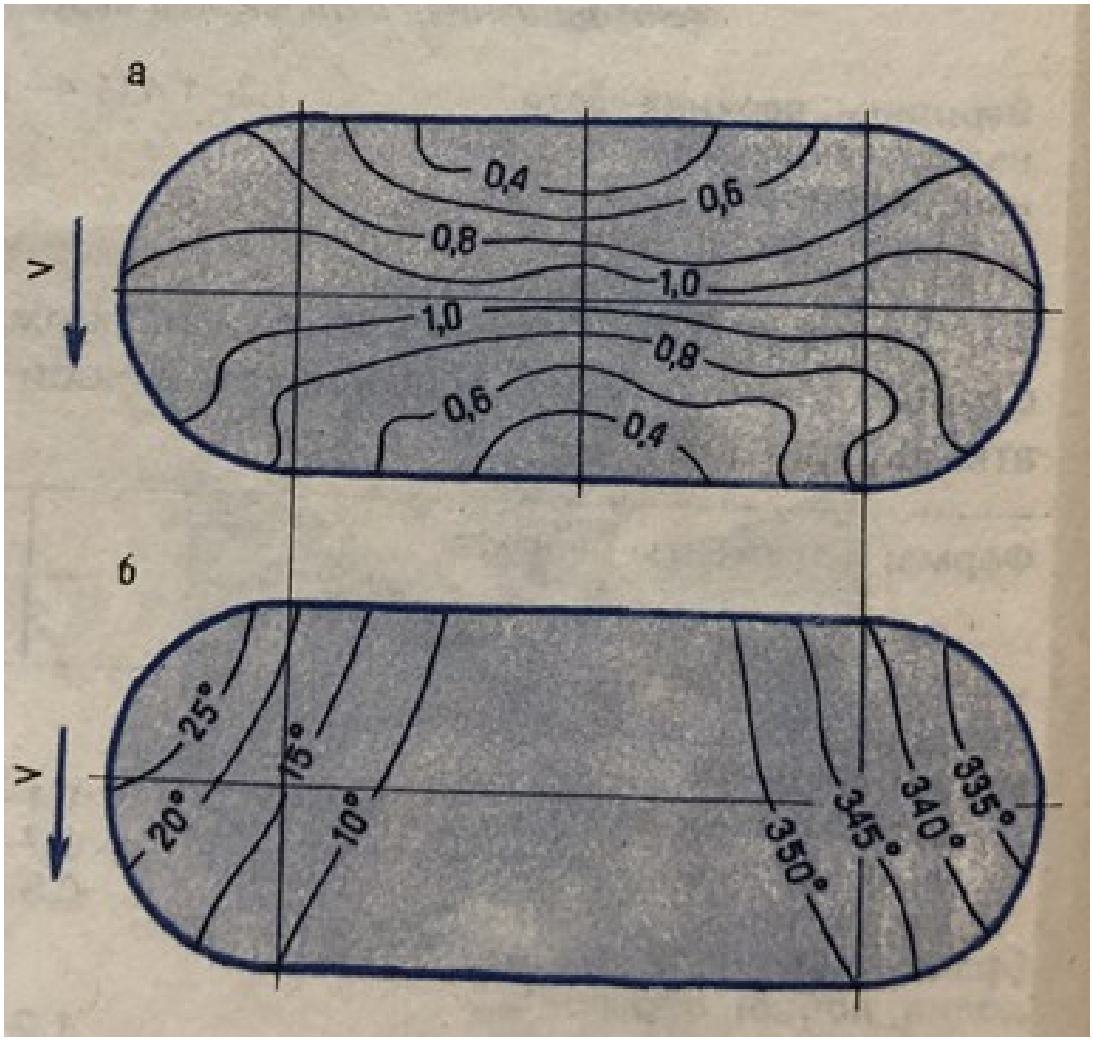


Рис. 72. Изолинии коэффициентов (а) и углов (б) трансформации воздушного потока, обтекающего вытянутый в плане холм

При направлении ветра вдоль продольной оси овала обтекание его с наветренной и подветренной сторон будет аналогичным обтеканию круглого холма, т.е. в лобовой и затылочной частях холма благодаря торможению скорость ветра будет снижаться. А в боковых частях

вытянутого холма скорость будет изменяться аналогично тому, как она трансформируется при обтекании протяженного откоса.

При фронтальной атаке ветра против вытянутого в плане овала скорость снижается у подножья овала как с наветренной, так и с подветренной сторон, увеличивается, достигая максимума к вершине, и зависит от крутизны и симметричности склонов (рис.72).

С увеличением крутизны склона вследствие торможения, особенно в подветренной части холма, скорость ветра значительно снижается, и, например, при крутизне склона 0,2 (12°) коэффициент трансформации доходит до величины 0,05.

10.4. Трансформация воздушного потока в городе

Как уже отмечалось в разделе выше, неровности подстилающей поверхности в виде зданий и сооружений на территории города, отнесенные нами к разряду мезошероховатостей, существенно влияют на изменение скорости воздушного потока, практически не меняя его общего направления.

Для характеристики степени шероховатости городской территории и влияния ее на торможение воздушного потока воспользуемся критерием, предложенным Ф.Л. Серебровским и представленным в таблице 22.

Таблица 22

Шероховатость территории населенных мест (по Ф.Л. Серебровскому)

Территория	H, м	Z_0, м
А.Территории населенных мест:	5-8; 11-15	0,5-1
селитебные территории	15-30	1-2
средней этажности	30	4
промышленная зона	по проекту	0,1H
коммунально-складские зоны	6-12; 10-20	0,5-1,0;1-2
парки, лесопарки акватории (в зимнее время)	0,002-0,01	0,0002-0,001
В.Территории, прилегающие к населенному месту:		
поля и луга	0,2-0,5	0,02-0,1
лес молодой	10	1
лес - деревья	15-20	2

В качестве объективного критерия степени шероховатости используются высота объекта обдувания Н и параметр шероховатости Z_0 в м.

Под параметром шероховатости Z_0 имеется в виду условная высота, на которой скорость воздушного потока при заданной функциональной зависимости от высоты (объекта) обращается в нуль.

Задача заключается в том, чтобы на основе данных загородной метеостанции по ветровому режиму в зависимости от рельефа местности (макрошероховатости) рассчитать фактическую скорость ветра над территорией в зависимости от планировочной структуры и характера застройки (мезошероховатости) города.

При этом территориально город, включая пригородную зону, разделяется на четыре переходные зоны, в пределах которых трансформируется воздушный поток.

Первая переходная зона находится в пригородной части перед застройкой, средняя высота которой Н, ширина зоны 17 - 18 Н, средний коэффициент трансформации на расстоянии 10 Н от застройки составляет 0,85 - 0,9 и снижается до 0,3 на расстоянии Н перед застройкой. Непосредственно у границы застройки скорость несколько возрастает.

Вторая переходная зона находится за застройкой, в пределах ее ширины 34 - 36 Н, коэффициент трансформации - 0,85 - 0,9, а за ее пределами снижается до 0,7 - 0,75.

Третья переходная зона находится у границы подветренной стороны застройки, в пределах которой не наблюдается существенных изменений в скорости воздушного потока.

Четвертая переходная зона находится за границей застройки, ширина ее составляет 20 - 25 Н, в пределах которой воздушный поток, трансформируясь до средней величины, постепенно выравнивается до начальной (полевой) скорости за городом.

10.5. Трансформация воздушного потока на селитебных территориях

Как известно, селитебная часть города представляет собой систему жилых районов и микрорайонов, основными элементами которой являются:

- жилая, культурно-бытовая и общественная застройка;
- улично-дорожная сеть;

- зеленые насаждения и элементы благоустройства.

В отношении ветрового режима доминирующее влияние в жилых районах и микрорайонах оказывают застройка, ее масштабы, геометрические размеры и особенно планировочная организация жилых и культурно-бутовых комплексов.

Режим ветра на улице, наряду с застройкой, в основном будет определяться его направлением (вдоль или поперек улицы), а элементы благоустройства будут влиять лишь на ветровой режим приземного слоя на высоте менее 2 м. На уровне от 2 м и выше, до верхней границы I яруса, ветровой режим будет зависеть от застройки, ее масштабов и планировочной организации.

Исследованиями Ф.Л. Серебровского и ЦНИИП градостроительства установлены нижеследующие закономерности обтекания зданий и сооружений в зависимости от их формы и геометрических размеров.

1. При фронтальном обтекании здания линейного типа высотой H и длинной L как с наветренной, так и с подветренной стороны образуется зона ветрового затишья.

При этом воздушный поток перед зданием в средней части по высоте образует медленно вращающийся по часовой стрелке вихрь, который, опускаясь вниз, направляется по горизонтали к торцам здания, обтекая его. В верхней части и на торцах здания скорость ветра возрастает до исходной или превышает ее (рис.73).

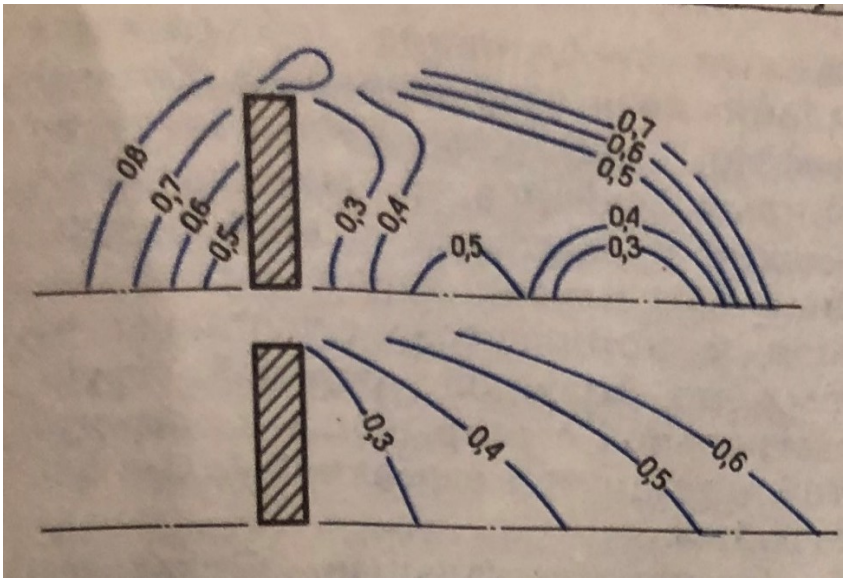


Рис.73. Экспериментальные (а) и расчетные значения (б) коэффициентов трансформации при фронтальном обтекании здания

2. Длина зоны ветрового затишья с подветренной стороны, называемого также ветровой тенью здания, и величина коэффициента трансформации потока в ее пределах зависят от геометрических размеров и конфигурации здания.

Для зданий линейного типа длина ветровой тени может определяться по графику, предложенному ЦНИИП градостроительства (рис.74) [26].

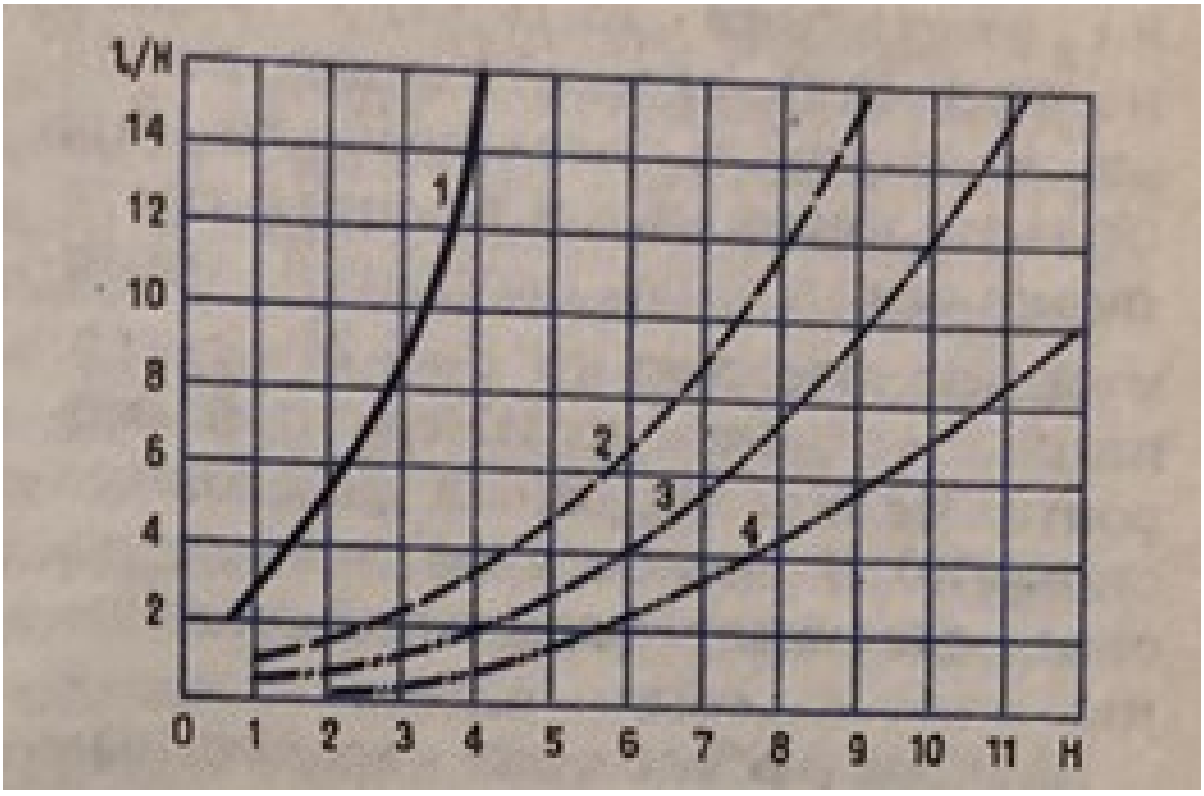


Рис. 74. График для определения длины ветровой тени за зданиями

Из графика видно, что длина ветровой тени здания меняется в зависимости от соотношения длины здания по фасаду и его высоте и находится от 1,5 до 12 H при отношениях l:H соответственно от 1:3 до 20:1.

Площадь ветровой тени S за зданием определяется по формуле:

$$S = 0{,}8\ Ll,$$

где L - длина ветровой зоны затишья здания (ветровой тени); l - длина здания по фасаду, противостоящему ветру

3. Длина ветровой тени за зданиями на крутом рельефе, расположенными вдоль косогора, при фронтальном ветре и уклоне от 0 до 0,5 укорачивается на 10 - 30% против длины тени на плоском рельефе.

4. Сравнительная оценка длины ветровой тени отдельного здания наветренных склонов разной крутизны в зависимости от отношения длины фасада к высоте дается на графиках рисунка 75 [26].

5.

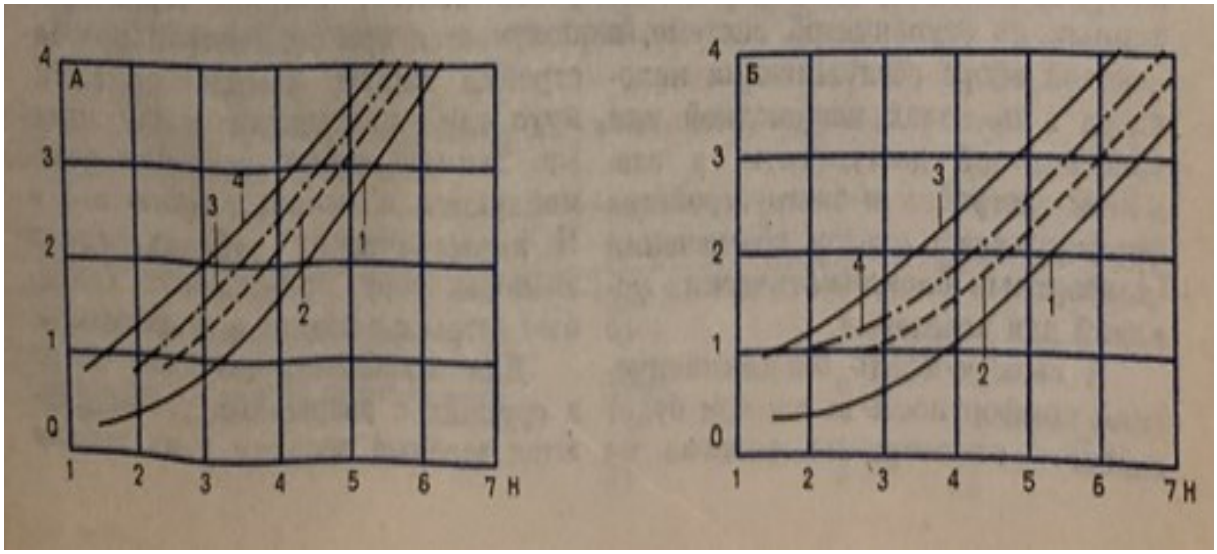


Рис. 75. Длина ветровой тени здания, расположенного на наветренном склоне в зависимости от соотношения длины и высоты фасада (при фронтальном ветре): 1 - при плоском рельефе; 2 - при уклоне 10°; 3 - при уклоне 30°; 4 - при уклоне 50°

6. Ветровой режим при полосах зеленых посадок в виде высоких деревьев как на плоском рельефе, так и на косогорах проявляется аналогично режиму с линейными зданиями и сооружениями. Следует лишь при расчетах коэффициентов трансформации потока учитывать «просветность» насаждений, по которой определяется коэффициент пропускания воздушного потока.

При этом тормозящее действие на фронтальный поток начинается на расстоянии 10 H (H - высота насаждения), скорость ветра по мере подхода к насаждениям при проходе через них и за ними постепенно снижается, достигая минимума на расстоянии 3 - 5 H от границы посадок с подветренной стороны. За преградой на расстоянии около 40 H скорость потока, возрастая, достигает начальной величины.

7. При обтекании воздушным потоком зданий башенного типа под прямым углом:

- по обеим сторонам здания возникают обширные зоны повышенных скоростей, ширина которых на средней высоте доходит до полуторной ширины, у подошвы - до трех ширин здания;

- перед зданием зона затишья сравнительно мала, за зданием по длине аналогична зоне у линейных домов, по ширине равна удвоенной ширине здания;
- средние коэффициенты трансформации в зоне пониженных скоростей перед зданием = 0,65, позади здания 0,45, в зоне повышенных скоростей 1,24.

При обтекании башенного здания под углом 45^{U} существенных изменений в режиме ветра не наблюдается.

Аэрационный режим в жилых районах и микрорайонах. Жилые районы и микрорайоны на селитебных территориях представляются в виде комплексов жилой культурно-бытовой и общественной застройки, планировочно организованных по ступенчатой системе, в которой сфера обслуживания находится в пределах пешеходной или транспортной доступности, а элементы застройки и благоустройства формируются с учетом обеспечения комфортных биоклиматических условий для населения.

В свою очередь биоклиматическая комфортность во многом будет зависеть от ветрового режима на жилых территориях, обстроенных зданиями и сооружениями. Как известно, планировочную структуру жилых районов и микрорайонов можно представить в виде отдельных фрагментов групп жилых домов и комплексов, сгруппированных по строчной, рядовой, периметральной с разрывами и замкнутой или другой свободной схеме застройки.

Экспериментальные исследования моделей перечисленных схем размещения застройки позволили сделать следующие выводы о трансформации в них воздушных потоков:

1. Прием застройки является одним из решающих факторов, влияющих на ветровой режим жилых территорий. Коэффициенты трансформации между зданиями в группах различной конфигурации колеблются от близкого к 0 до 1,2 и более, углы трансформации потока изменяются от 0 до 360°.

2. Наибольший эффект по проветриванию жилых территорий достигается при рядовой и строчной застройке, когда дома размещаются длинной стороной вдоль преобладающих направлений воздушных потоков в летний период года. Такие приемы застройки рекомендуются для IV климатического района, где штиль и слабые ветры сочетаются с высокой температурой воздуха на уровне роста человека до 2 м.

3. Наибольший эффект по ветровой защите жилых территорий получается при периметральной застройке жилых комплексов замкнуто или с разрывами между домами. Такие приемы застройки рекомендуются к использованию в I и II климатических районах, где в зимнюю пору преобладают холодные ветры с высокими скоростями.

Для ослабления скорости ветра в группах с разрывами рекомендуются зеленые посадки у их торцов между зданиями.

6. Большое разнообразие приемов застройки жилых групп и микрорайонов в сочетании с различными направлениями ветра не позволяет дать обобщенную картину их влияния на трансформацию воздушного потока.

В связи с этим ограничимся лишь констатацией некоторых положений, высказанных Ф.Л. Серебровским относительно коэффициента трансформации воздушного потока внутри замкнутых контуров застройки. В частности, замечено и экспериментально подтверждено, что внутри замкнутых контуров независимо от их конфигурации и направления ветра как с наветренной, так и с подветренной стороны образуется зона затишья у подножия застройки (короче перед застройкой и длиннее за ней) с более пониженным коэффициентом трансформации (до 0,1) у стены с заветренной стороны.

10.6. Трансформация воздушного потока в зависимости от элементов благоустройства

Элементы благоустройства, отнесенные нами к категории микрошероховатости, влияют на ветровой режим в приземном слое атмосферы на высоту роста взрослого человека до 2 м.

Не влияя существенно на направление воздушного потока, элементы благоустройства существенно меняют величину скорости.

При этом в зависимости от характера и высоты шероховатости скорость ветра возрастает по высоте от 0 до величины u_z.

Как и шероховатость любого ранга, микрошероховатость определяется параметром z_0 (уровень над поверхностью, на котором скорость потока обращается в нуль), а также показателем степени £ в степенной зависимости (табл. 23).

Таблица 23

Параметр шероховатости z_0 и показатель различных поверхностей.

Поверхность	Z_0	a	T_4
Газоны	0,02	0,11	1
Асфальтированные проезды, тротуары и снежный покров подстилающей поверхности	0,001	0,11	1,4
Площадки для отдыха и игр, спортплощадки	0,003	0,13	1,3
Кустарники до 0,5м до 1м	 0,1 0,2	 0,24 0,28	 0,7 0,5

Пример. *Рассчитать скорости ветра на высоте 2 м на благоустроенном участке (рис. 76) при исходной скорости во фрагменте среди застройки v = 4 м/с.*

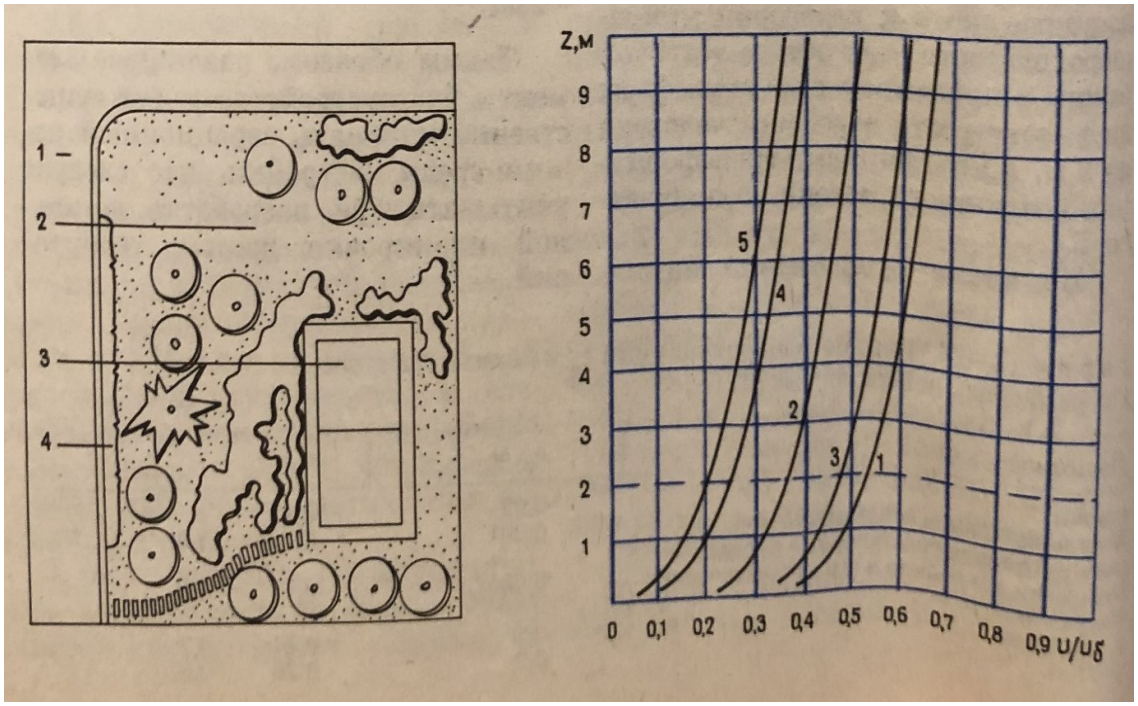


Рис.76. Вертикальный профиль воздушного потока (А) над поверхностями с различной шероховатостью. Цифры указывают вероятность возникновения ветра, скорость которого выше пороговой, фрагмент благоустройства жилой территории (Б): 1 - асфальтированное покрытие; 2 – газон; 3 – улучшенное грунтовое покрытие спортплощадки; 4 – рядовая посадка кустарника; 5 – групповая посадка деревьев и кустарников

Умножив исходную скорость на коэффициент трансформации T_4, получим скорость над газоном; 4 м/с; над проездом 4х1,4 = 5,6 м/с; над площадкой 4 * 1,3 = 5,2 м/с; над кустарником до 1 м - 4 * 0,5 =2 м/с.

Таким образом, различные элементы благоустройства могут существенно изменять аэрационный режим среди застройки, что следует учитывать при разработке детальной планировки жилых территорий.

10.7. Расчет и регулирование аэрационного режима на селитебных территориях

Как известно, в нашей стране градостроительное проектирование осуществляется по системе стадий и сопутствующих им внестадийных работ [40]. В отношении учета и прогнозирования аэрационного режима в указанной системе последовательного проектирования населенных мест можно выделить четыре группы работ:

а) стадии, предшествующие генплану города;

б) генплан города;

в) проект детальной планировки (ПДП), проект застройки;

г) рабочие чертежи застройки с привязками типовых и разработкой индивидуальных проектов зданий, проекты благоустройства территории.

Задача заключается в том, чтобы, согласуясь со стадиями проектирования и составом работ, дать общую оценку территории в соответствующих показателях аэрационного режима. Задача эта решается поэтапно по схеме, представленной в таблице 24.

Таблица 24

Схема оценки и поэтапного расчета показателей аэрационного режима селитебной территории

Стадии проектирования	Группы проектных работ
1	Проект районной планировки; проект пригородной зоны; схема расселения; ТЭО выбора места поселения
2	Генплан города; схемы зонирования планировочных ограничений и планировочной структуры города
3	Проект детальной планировки (ПДП): жилых районов и микрорайонов; центральной зоны; общественных и культурно-бытовых центров и комплексов; улиц; садов; парков; набережных
4	Рабочие чертежи по благоустройству жилых территорий, садов, скверов, улиц, парков

Таким образом, четырем группам состава работ при трехстадийном проектировании соответствуют четыре этапа расчета и регулирования аэрационного режима на территории города. При этом на первом этапе дается общая характеристика местности в отношении ветрового режима по данным климатических справочников или метеостанций, расположенных вне населенных мест.

В итоге представляется карта аэрационного режима территории проектируемого населенного места, на которой по аналогии со схемой планировочных ограничений выделяются зоны и участки с рекомендациями по их ветрозащите или проветриванию (рис. 77).

Второй этап включает расчет показателей ветрового режима на уровне разработки генплана и корректировку его с учетом принятого проектного решения города по функциональному зонированию территории и планировочной организации застройки.

На третьем этапе ведется расчет показателей и составляется карта аэрационного режима по фрагментам застройки среди групп зданий.

На четвертом, заключительном, этапе рассчитываются показатели и прогнозируется аэрационный режим площадок и локальных участков в приземном слое до высоты 2 м в зависимости от размещения на них различных элементов благоустройства.

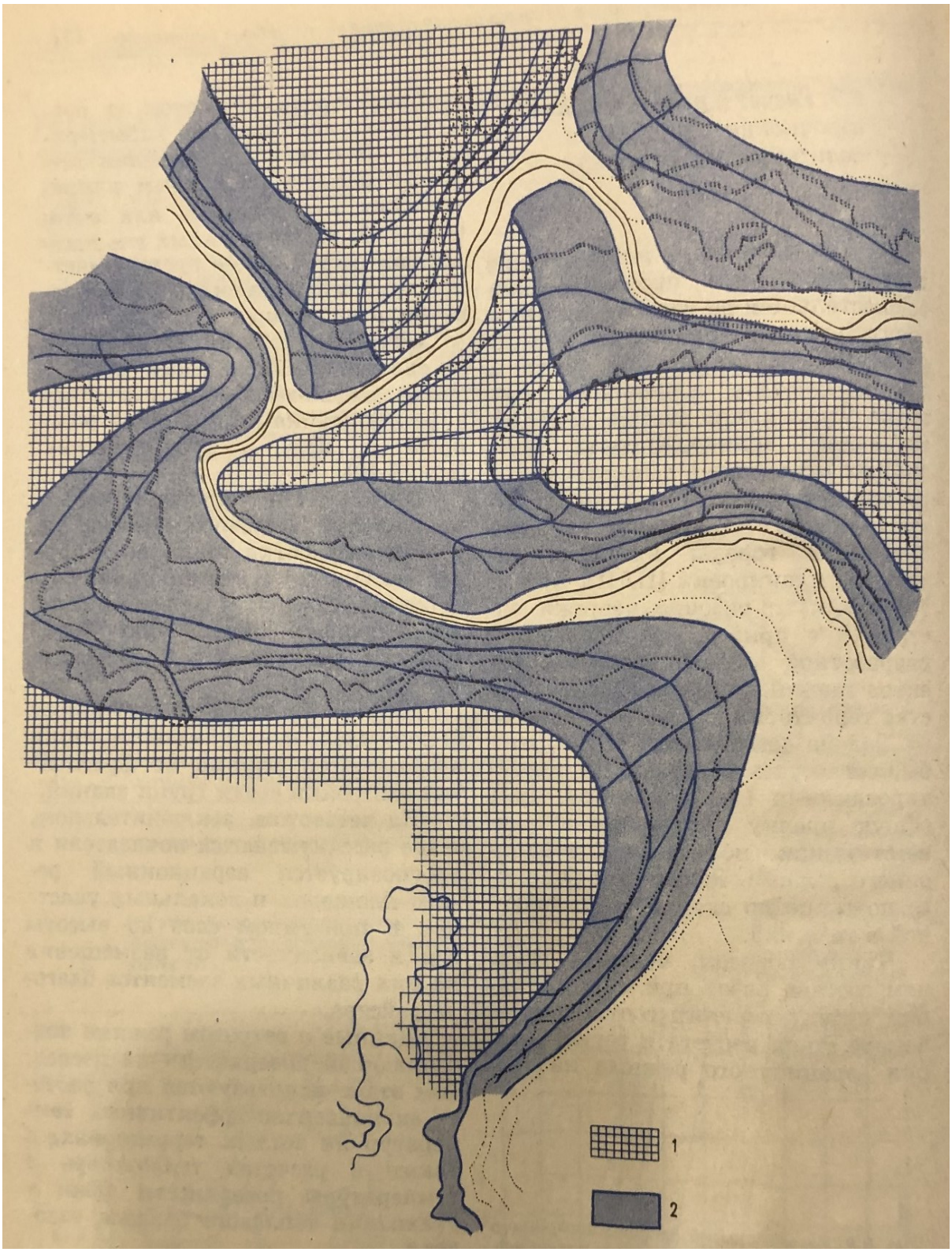


Рис.77. Пример построения карты аэрационного режима и рекомендации по ветрозащите территории малого города [17]. Территории, на которых ветрозащита жилой застройки желательна или не требуется

Данные о ветровом режиме подстилающей поверхности на последнем этапе используются при расчете эквивалентно-эффективных температур на жилых территориях, а также в расчетах теплопотерь и температуры поверхности кожи в уравнении теплового баланса человека.

По данным третьего этапа рассчитываются теплопотери домов и ограждающих конструкций, поскольку ветровой показатель (скорость ветра) наряду с температурой и влажностью воздуха существенно влияет на эффективную температуру.

На рисунке 78 представлены примеры озеленения территории группы жилых зданий с учетом аэрационного режима.

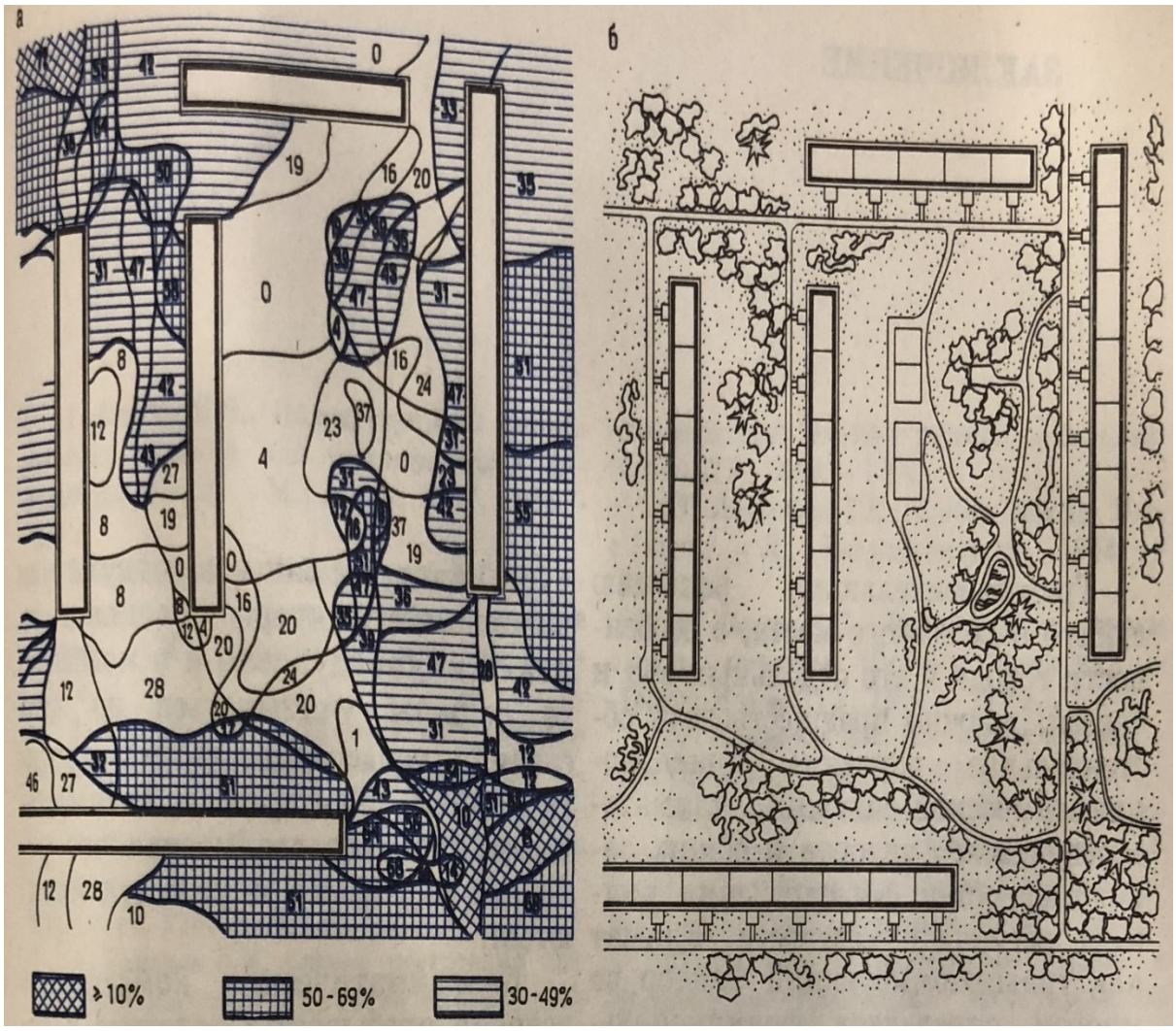


Рис.78. Пример построения ветровой карты (а) и схемы озеленения жилой группы (б) с учетом аэрационного режима [9]

Как видно из фрагмента застройки, в местах концентрации воздушных потоков зеленые насаждения в виде деревьев и кустарников являются эффективным средством защиты территорий от холодных ветров.

В то же время в условиях жаркого климата при штилевой погоде в тени деревьев с густой кроной и в полосах зеленых насаждений благодаря пониженным температурам воздуха возникают зоны прохлады и конвективные потоки распространяются на соседние участки, улучшая на них микроклимат.

Градостроительному решению любого населенного места, в особенности города и его отдельных зон и частей, должно предшествовать обстоятельное изучение природно-климатической ситуации, климатообразующих факторов и общих закономерностей формирования климата региона и местности. Климат как градоформирующий фактор во многом определяет функциональную организацию и планировочную структуру города.

Город как очаг индустрии и транспорта, скопления больших масс населения и разнообразной жилой, культурно-бытовой и промышленной застройки формирует свой особый (местный) мезоклимат, существенно отличающийся от климата окружающей природной среды.

Радиационный режим, температура, ветер, влажность воздуха как важнейшие факторы погодных условий индивидуально и в комплексе должны учитываться на всех стадиях градостроительного проектирования.

Критериями оптимальности проектно-планировочного решения города и его климата являются:

- биоклиматические комфортные условия пребывания человека в городской и жилой среде, что обеспечивается соответствующими застройками и средствами благоустройства территории;
- расширение положительных факторов, погодных условий и ограничение отрицательных воздействий на человека, пребывающего вне здания;
- снижение затрат на обогрев зданий в холодных зонах или на охлаждение в южных районах.

Темы докладов и сообщений

1. Аэрация городских территорий: цели, задачи и методы картографирования ветрового режима
2. Теоретическая модель трансформации воздушного потока в городе: ярусное строение и градация шероховатости (по Ф.Л. Серебровскому)
3. Влияние макрорельефа на ветровой режим: трансформация воздушного потока на склонах и холмах
4. Трансформация воздушного потока в городской застройке: от отдельного здания до жилого массива
5. Ветровая тень зданий: методы расчёта длины и площади зоны затишья в зависимости от геометрии сооружения
6. Аэрационный режим жилых районов: сравнительный анализ строчной, рядовой и периметральной застройки
7. Роль элементов благоустройства (микрошероховатости) в формировании ветрового режима приземного слоя
8. Методика поэтапного расчёта и регулирования аэрационного режима в градостроительном проектировании
9. Карта аэрационного режима как инструмент планировщика: принципы построения и практическое применение
10. Зелёные насаждения как инструмент регулирования аэрации: ветрозащита в холодном климате и создание зон прохлады в жарком

Контрольные вопросы

1. Дайте определение аэрации городских территорий.
2. Для решения каких пяти основных градостроительных задач необходимо учитывать аэрационный режим?

3. Опишите теоретическую модель процесса трансформации воздушного потока над городом по Ф.Л. Серебровскому (двухъярусное строение).
4. Что понимается под макро-, мезо- и микрошероховатостью подстилающей поверхности, и какие объекты их образуют?
5. Каковы основные закономерности изменения скорости ветра при обтекании положительных форм рельефа (холм, склон) при фронтальном ветре?

6. Как трансформируется воздушный поток при обтекании отрицательных форм рельефа (долина, овраг) в зависимости от их продуваемости?

7. Что такое параметр шероховатости Z_0 и как он используется? Опишите четыре переходные зоны трансформации воздушного потока на границе города и застройки.

8. Как изменяется скорость ветра?

9. Что такое «ветровая тень» (зона ветрового затишья) за зданием?

10. От каких геометрических параметров здания зависит её длина?

11. Как расположение здания на склоне влияет на длину его ветровой тени?

12. Какие приёмы застройки (рядовой, строчной, периметральной) рекомендуется использовать для проветривания территорий, а какие для ветрозащиты?

13. В каких климатических районах (I-II или IV-V) целесообразно применять каждый из этих приёмов и почему?

14. Какое влияние на скорость ветра в приземном слое (до 2 м) оказывают различные элементы благоустройства: асфальтовое покрытие, газон, спортивная площадка, кустарник?

15. Назовите четыре этапа (группы работ) учёта и расчёта аэрационного режима в соответствии со стадийностью градостроительного проектирования.

16. Какой итоговый документ формируется на первом этапе (предшествующем генплану)?

17. Для каких целей используются данные о ветровом режиме, полученные на третьем (проект детальной планировки) и четвёртом (рабочие чертежи благоустройства) этапах расчёта?

18. Какова роль зелёных насаждений в регулировании аэрационного режима на примере схемы озеленения жилой группы?

19. Какие три основных критерия оптимальности проектно-планировочного решения города с точки зрения климатологии и аэрации перечислены в заключении главы?

20. Как они связаны с созданием комфортной среды и экономической эффективностью?

Глава 11. ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ПРИНЦИП ИХ РАБОТЫ

11.1. Методы и средства измерения температуры

Температура – физическая величина, характеризующая степень нагретости тела.

Температура является интенсивной величиной.

Измерять температуру можно только косвенным путём, основываясь на зависимости от температуры таких физических свойств тел, которые поддаются непосредственному измерению.

Эти свойства тел называются термометрическими.

Термометр – средство измерения температуры.

Термометр измеряет эмпирическую температуру. Для создания термометра необходимо ввести понятие температурной шкалы.

Температурная шкала – конкретная функциональная числовая связь температуры со значением измеряемого термометрического свойства.

В эмпирической шкале температур устанавливаются две реперные точки и число делений между ними.

Реперные точки предложенных в XVIII в. шкал представляют собой температуры фазового равновесия чистых веществ.

Разность этих температур – основной температурный интервал.

Температурная шкала Фаренгейта

Предложена Г. Фаренгейтом в 1724 году.

Единица - градус Фаренгейта (°F), 1 °F равен 1/180 разности температур кипения воды и таяния льда при атмосферном давлении, а точка таяния льда имеет температуру +32 °F.

Точка кипения воды же имеет температуру +212 °F.

Температура по шкале Фаренгейта связана с температурой по шкале Цельсия (t °C) соотношением:

$t\ °C = 5/9\ (t\ °F - 32)$ $t\ °F = 9/5\ t\ °C + 32$

Температурная шкала Реомюра

Предложена Р. А. Реомюром в 1730 году.

Единица — градус Реомюра (°Re), 1 °Re равен 1/80 части температурного интервала между реперными точками — температурой таяния льда (0 °Re) и кипения воды (80 °Re).

В настоящее время шкала вышла из употребления. 1 °Re = 1.25 °C

Температурная шкала Цельсия Предложена А. Цельсием в 1742 г. Единица — градус Цельсия (°C), 1 °C равен 1/100 разности температур кипения воды и таяния льда при атмосферном давлении, а точка таяния льда имеет температуру 0 °C.

Точка кипения воды же имеет температуру +100 °C.

Температурная шкала Цельсия

В настоящее время в системе СИ термодинамическую шкалу Цельсия определяют через шкалу Кельвина:

$$t\ (°C) = T\ (K) - 273.15.$$

По шкале Цельсия температура тройной точки воды равна ≈ 0.008 °C и, следовательно, точка замерзания воды при давлении в 1 атм. очень близка к 0 °C.

Точка кипения воды, изначально выбранная Цельсием в качестве второй реперной точки со значением, по определению равным 100 °C, утратила свой статус одного из реперов.

По современным оценкам температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении в термодинамической шкале Цельсия составляет ≈ 99,975 °C.

Термодинамическая шкала Кельвина

Проблема создания шкалы, не зависящей от термометрических свойств веществ, была решена Кельвином в 1848 г. Абсолютный ноль определён как 0 K, что равно -273.15 °C.

Шкала температур Кельвина – это шкала, в которой начало отсчёта ведётся от абсолютного нуля и называется – Абсолютная шкала температуры. Единица абсолютной температуры – Кельвин (К).

В 1954 г. Международный комитет мер и весов принял решение о переходе к определению термодинамической шкалы с использованием одной реперной точки –тройной точки воды.

Произошло новое определение кельвина, никак не связанное с интервалом 0–100 °C. Оно фактически закрепило за тройной точкой

воды значение 273.16 К (0.01 °С) и «пустило в свободное плавание» около 100 °С точку кипения воды.

Вместо «градуса Кельвина» для единицы температуры был введён просто «Кельвин».

В 1967 г. XIII Генеральная конференция по мерам и весам уточнила определение единицы термодинамической температуры как: Кельвин – 1/273.16 части термодинамической температуры тройной точки воды.

Жидкостные термометры

Жидкостные термометры основаны на принципе изменения объема жидкости с изменением температуры (рис. 79).

Рис.79. Жидкостные термометры

В качестве жидкости в таких термометрах чаще всего используют ртуть или спирт.

Термометр состоит из небольшого стеклянного резервуара цилиндрической или шарообразной формы, к которому припаяна капиллярная трубка.

Резервуар и часть трубки заполнены жидкостью.

Температуру отсчитывают по шкале, изготовленной из стекла молочного цвета. Она расположена за капиллярной трубкой внутри стеклянной наружной оболочки.

Инерция жидкостных термометров 3 - 7 мин. Для некоторых термометров (термометр-щуп, вытяжной термометр) инерцию искусственно завышают до 15 – 20 мин, так как отсчеты по ним производят, вынимая из почвы, т. е. в другой среде.

Погрешность измерения 0,2 – 0,5°С.

В показания жидкостных термометров необходимо вводить шкаловые поправки, которые указаны в поверочном свидетельстве каждого термометра

Принцип действия основан на относительном расширении жидкости по сравнению с объёмом резервуара. Основная часть жидкости находится в шарообразном резервуаре, который является чувствительным элементом термометра. Резервуар сообщается с длинным и узким стеклянным капилляром.

Для заполнения термометров применяют смачивающие жидкости (органические) и несмачивающие (ртуть).

Шкалу термометра наносят на стеклянной пластине матового цвета, помещённой сзади капилляра, и вместе с ним помещённую в защитной стеклянной трубке.

В зависимости от диапазона измерений и требуемой точности цена деления шкалы может быть 0.1; 0.2; 0.5; 1.0 °С.

В промышленности их роль постепенно уменьшается, так как автоматизация технологических процессов все чаще требует дистанционной передачи результатов измерений.

Диапазон измерения стеклянных жидкостных термометров зависит от свойств термометрической жидкости:

- этиловый спирт от – 110 до + 210 °С;
- ртуть в вакууме от – 30 до + 150 °С;
- ртуть под давлением от – 30 до + 630 °С;
- ртуть в кварцевом стекле от – 30 до + 1000 °С.

ГОСТ 13646-68 Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия

Деформационные термометры

Деформационные термометры основаны на принципе изменения линейных размеров твердых тел при изменении температуры.

Приемником таких термометров является биметаллическая пластинка или пружина из инвара и стали.

Инерция деформационных термометров составляет 3 – 10 мин, а погрешность измерения не менее 0,5°С. Термометры сопротивления основаны на принципе изменения сопротивления, электропроводимости тел при изменении температуры.

Датчики термометров сопротивления могут быть металлическими проволочными и полупроводниковыми.

Термометры сопротивления широко применяются для дистанционных измерений.

Инерция их мала, погрешность измерения около 0,2°С.

Термоэлектрические термометры основаны на принципе измерения электродвижущей силы термоэлементов, возникающей вследствие разности температур спаев. Термоэлементы часто изготавливают из меди и константана.

Преимущество этих термометров перед жидкостными состоит в том, что ими можно производить измерения во всем диапазоне температур, учитывающихся в метеорологии.

Инерция их составляет 30 – 100 с, а погрешность измерения 0,5 – 1,0°С.

Термотранзисторные термометры, действие которых основано на зависимости напряжения системы «эммитер-база» транзистора от температуры.

Радиационные термометры

Радиометрические приборы (радиометры) теплового диапазона определяют по тепловому излучению температуру излучательной поверхности.

Радиационные термометры находят все большее распространение при дистанционных исследованиях и контроле природной среды. Выбор методы и прибора для измерений температуры зависит от требований, предъявляемых к изменению температуры.

Измерение температуры воздуха

Для измерения температуры воздуха применяют термометры – психрометрический, максимальный и минимальный.

Для непрерывной регистрации температуры воздуха служит термограф (рис. 80).

Рис. 80. Психрометрический термометр ТМ-4 ртутный

Психрометрический термометр ТМ-4 ртутный, с шаровидным резервуаром и металлическим колпачком в верхней части, цена делений 0,2°С.

Длина термометра около 400 мм, диаметр стеклянной оболочки ≈15 мм, диаметр резервуара 9-12 мм, наружный диаметр капилляра ≤2,5 мм.

Пространство над ртутью заполняется азотом.

Коэффициент инерции психрометрического термометра 300 с. Допустимые погрешности при температуре выше 0°С ±0,2°С, при температуре ниже 0°С ±0,3°С.

При температуре воздуха ниже – 35°С используют низкоградусный спиртовой термометр ТМ-9 с цилиндрическим резервуаром.

Устанавливают его рядом с психрометрическим и начинают одновременные измерения для определения дополнительной поправки к спиртовому термометру при температуре воздуха ниже – 20°С.

Психометрические термометры применяются в паре и составляют станционный психрометр, который служит для измерения температуры и влажности воздуха, устанавливаются вертикально в психрометрической будке (рис. 81).

Термометры для измерения температуры воздуха устанавливают в защитной психрометрической будке БП-1 так, чтобы резервуары термометров располагались на высоте 2 метра.

Рис. 81. Будка психрометрическая БП-1

Стенки психрометрической будки состоят из двойных жалюзи, расположенных одна над другой на расстоянии 25 мм под углом 45° к горизонтальной плоскости.

Жалюзийные стенки защищают термометры от прямого попадания солнечных лучей и вместе с тем не препятствуют свободному доступу воздуха.

Одна из жалюзийных стенок укреплена на петлях и открывается (дверца).

Потолок будки сплошной, но для уменьшения нагревания над потолком укреплена крыша, имеющая небольшой наклон.

Дно будки состоит из трех досок. Средняя доска укреплена немного выше крайних и перекрывает зазор между ними. 3

Будка ориентируется дверцей на север, чтобы во время измерений на термометры не падали солнечные лучи, и укрепляется на под-

ставке 2 высотой 175 см. Для удобства отсчетов около будки устанавливают лесенку. Для уменьшения нагрева будку, под ставку и лесенку окрашивают в белый цвет.

Внутри будки к средней доске прикреплен штатив, на котором устанавливают вертикально два психрометрических термометра: слева – сухой, по которому отсчитывают температуру воздуха, справа – смоченный.

Максимальный и минимальный термометры располагают резервуарами к востоку на особые дугообразные лапки, прикрепленные к нижней перекладине штатива; на верхнюю пару лапок кладут с небольшим наклоном в сторону резервуара максимальный термометр, на нижнюю – минимальный (горизонтально) (рис. 82, 83).

На время измерений открывают дверцу будки и по возможности быстро отсчитывают показания термометров с точностью до 0,1°С (независимо от цены деления шкалы) в таком порядке: сухой, смоченный, минимальный (спирт), максимальный, минимальный (штифт).

После этого максимальный термометр встряхивают, а штифт минимального термометра подводят к мениску спирта. Для большей точности по всем термометрам вначале отсчитывают десятые доли, а потом целые градусы.

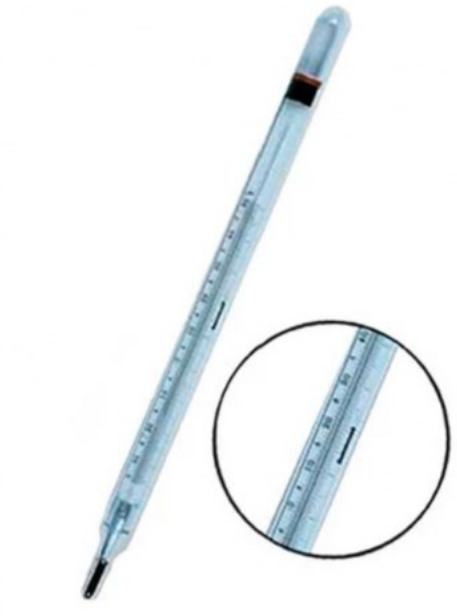


Рис.82. Максимальный термометр ТМ-1

Максимальный термометр ТМ-1 служит для измерения самой высокой (максимальной) температуры за период между сроками наблюдений.

Максимальный термометр ртутный с цилиндрическим резервуаром.

Цена деления шкалы 0,5°С.

Рабочее положение термометра горизонтальное (резервуар слегка опущен).

Максимальные показания термометра сохраняются благодаря наличию штифта, укрепленного ко дну резервуара, создающего сужение при выходе из резервуара в капилляр.

При повышении температуры ртуть из резервуара поднимается по капилляру за счет силы расширения ртути, которая превышает силы трения в месте сужения.

При понижении температуры ртуть из капилляра не может вернуться в резервуар, так как силы трения в месте сужения значительно больше сил молекулярного сцепления.

В результате этого в месте сужения происходит разрыв ртути и таким образом фиксируется максимальное значение температуры за данный промежуток времени.

Для последующего измерения максимальной температуры за другой отрезок времени надо максимальный термометр встряхнуть 2-3 раза, чтобы ртуть из капилляра перешла в резервуар.

Встряхивания производят, беря термометр за середину, резервуаром книзу, не касаясь резервуара.

Отсчеты надо производить с точностью до 0,1°С, хотя шкала имеет цену деления 0,5°С.

Рис.83. Минимальный термометр ТМ-2

Минимальный термометр ТМ-2 применяют для измерения самой низкой температуры за период между сроками наблюдений. Это термометр спиртовой с ценой деления шкалы 0,5°С.

Рабочее положение - горизонтальное.

Резервуар термометра имеет вид цилиндра, капилляр на конце, противоположном резервуару имеет расширение.

Минимальные показания термометра определяют по находящемуся в капилляре внутри спирта легкому штифту, изготовленному из темного стекла с утолщениями на концах.

Длина штифта 12- 13 мм.

Принцип действия термометра основан на воздействии мениска термометрической жидкости (спирта) на штифт.

При подъеме резервуара термометра штифт свободно перемещается в спирте, но не выходит из него, так как не может прорвать поверхностную пленку, ограничивающую мениск спирта.

Штифт подобран таким образом, что силы трения его о стенки капилляра больше сил расширения спирта и меньше сил поверхностного натяжения пленки. Поэтому при повышении температуры спирт, расширяясь, свободно обтекает штифт, а при понижении ее после со-

прикосновения поверхностной пленки со штифтом последний перемещается вместе со спиртом в сторону резервуара. Движется он до тех пор, пока температура понижается.

При повышении температуры движение его прекращается. Поэтому положение штифта дает возможность измерить минимальную температуру между сроками наблюдений.

Отсчет берут по концу штифта, противоположному резервуару.

При наблюдениях по минимальному термометру не ограничиваются только отсчетом минимальных значений температуры, также делают отсчеты температуры среды в момент измерений по концу столба спирта (миниску).

Отсчеты делаются параллельно с основными измерениями температуры по психрометрическому (сухому) термометру. Они дают возможность сравнить показания и оценить погрешность в показаниях минимального термометра.

Погрешность может быть связана с частичной дистилляцией спирта в верхней части капилляра (спирт испаряется и оседает в капилляре в виде мелких капелек), тогда объем спирта в резервуаре будет меньше, столбик спирта укорачивается, показания штифта и спирта будут занижены.

Рис. 84. Термограф метеорологический М-16А

Термограф служит для непрерывной записи изменений температуры воздуха во времени воздуха с погрешностью ±1°С в одном из следующих диапазонов: от –45 до 35°С; от –35 до 45°С; от –25 до 55°С (рис. 84).

Принцип действия термографа основан на свойстве биметаллической пластинки изменять радиус изгиба при изменении температуры воздуха.

Деформация биметаллической пластинки с помощью передаточного механизма преобразуется в перемещение стрелки с пером по диаграммному бланку, закрепленному на барабане, вращаемом часовым механизмом.

Термограф состоит из следующих основных узлов:

- измерительного преобразователя температуры - биметаллической пластины;

- передаточного механизма: рычага, тяги, рычага и оси;

- регулирующей части: стрелки с пером и барабана с часовым механизмом;

- корпуса, состоящего из основания и откидной крышки.

При изменении температуры воздуха меняется изгиб биметаллической пластины.

Биметаллическая пластина одним концом закреплена в коромысле, укрепленном с помощью кронштейна на основном кронштейне, а другим концом соединена передаточным механизмом с осью, которая поворачивается вместе со стрелкой.

С помощью передаточного механизма деформация пластины преобразуется в перемещение стрелки с пером (при повышении температуры воздуха стрелка перемещается вверх, при понижении температуры воздуха - вниз).

Барабан вращается вокруг вертикальной оси с помощью часового механизма, помещенного внутри него, и обеспечивает равномерное перемещение диаграммного бланка.

В зависимости от скорости вращения барабана термографы делятся на суточные и недельные: у суточных продолжительность оборота 26 ч, а у недельных 176 ч.

Основная плата прибора, на которой смонтированы все его узлы и механизмы, помещена в пластмассовый корпус с откидной крышкой.

Биметаллическая пластина выведена наружу и предохраняется защитными дугами.

В корпус прибора вмонтирован пружинный замок с защелкой.

Крышка корпуса открывается (закрывается) за рукоятку при одновременном нажиме на защелку замка.

Термограф снабжен отметчиком времени, дающим возможность нанесения пером на диаграммном бланке отметок времени наблюдений в виде вертикально расположенных засечек, пересекающих кривую записи.

Отметку времени производят, не открывая крышку прибора, легким нажимом на кнопку отметчика времени, выведенную наружу корпуса прибора.

Перо заполняется специальными чернилами с примесью глицерина. Поэтому они медленно сохнут и не замерзают.

Диаграммный бланк разделен по вертикали горизонтальными параллельными линиями на деления, соответствующие 1°С, а по горизонтали - вертикальными дугообразными линиями на деления, соответствующие 15 мин времени оборота барабана.

Цифры в верхней части бланка соответствуют часам суток.

Устройство регистрирующей части термографа аналогично устройству регистрирующей части барографа.

Установка пера стрелки на требуемое деление диаграммного бланка (перевод пера вверх или вниз) осуществляется установочным винтом.

Термограф устанавливают на нижней полке защитной будки БС-1, отличающейся от психрометрической только своими размерами.

Полка укреплена так, чтобы приемник термографа находился на высоте 2 м от поверхности земли.

Защитная будка располагается на расстоянии 4 – 5 м к востоку от психрометрической.

Перед установкой термографа часовой механизм с помощью ключа заводят до отказа, на барабан накладывают ленту и закрепляют лентодержателем. В таком виде барабан надевают на неподвижную ось корпуса и к нему поворотом арретира подводят стрелку с пером.

Перо на ленте должно показывать время и температуру воздуха в данный момент.

Установку пера на время производят поворотом барабана вокруг неподвижной оси, а на температуру - изменением положения биметаллической пластинки с помощью винта.

После этого крышку термографа закрывают.

Термограф - прибор относительный. Показания его сравнивают с показаниями психрометрического (сухого) термометра.

Для этого в срочные наблюдения на ленте делают засечки легким подъемом пера с помощью нажима кнопки.

При смене лент на лицевой стороне снятой ленты отмечают фактическое время окончания записи, а на новой ленте – фактическое время начала записи.

Кроме того, на обратной стороне ленты записывают название станции, номер прибора, дату наложения и снятия ленты (год, число, месяц) и время начала и конца записи с точностью до 1 мин.

Смену лент производят в срок, ближайший к 13 ч декретного времени данного часового пояса.

Сначала в нижней части ленты записывают ежечасные показания термографа с точностью до 0,1°С.

Потом против меток, сделанных в «срочные» часы, пропуская одну строку, записывают показания психрометрического термометра (сухого) и вычисляют разность между показаниями психрометрического термометра и термографа. Эта разность представляет собой поправку в «срочные» часы.

Записывают ее между снятым показанием термографа и показаниями психрометрического термометра.

Предполагая, что поправка термографа в течение его работы изменялась равномерно, рассчитывают поправку для каждого часа. Для этого интерполируют величину поправок между двумя метками.

Зная изменение поправки за 1 ч, можно рассчитать поправку для каждого часа. Алгебраически суммируя поправку с показаниями термографа в соответствующие часы, получаем исправленные значения температуры по термографу. Аналогичная работа проделывается и для других участков ленты.

Измерение температуры поверхности почвы

Для измерения температуры поверхности почвы используются жидкостные термометры:

- срочный (рис. 85),
- максимальный
- минимальный.

Рис. 85 Срочный термометр ТМ-3

Срочный термометр ТМ-3 применяется для измерения температуры поверхности почвы в данный момент (срок).

Срочный термометр – это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром.

Деления на его шкале нанесены через 0,5°С.

Летом при высоких температурах почвы минимальный термометр может выйти из строя, поэтому на день (после срока 07 ч) его убирают, предварительно отсчитав показания по спирту и штифту и вновь устанавливают за полчаса до срока 19 ч.

На метеорологических станциях и постах термометры для измерения температуры поверхности почвы устанавливают на открытой площадке размером 4х6 м.

Предварительно с площадки удаляют растительный покров и взрыхляют ее.

Все три термометра размещают в середине площадки резервуарами на восток, на расстоянии 10 – 15 см друг от друга в небольших углублениях, сделанных легким вдавливанием термометров в почву,

чтобы резервуары и наружная оболочка термометров были наполовину углублены в почву и резервуары плотно прикасались к почве.

Срочный и минимальный термометры устанавливают горизонтально, а максимальный – с небольшим уклоном в сторону резервуара, чтобы ртуть в капилляре не отходила от резервуара.

Перед установкой в минимальном термометре штифт подводят к мениску спирта поворотом термометра резервуаром вверх, а максимальный термометр встряхивают. Для этого его берут за середину и делают несколько взмахов рукой.

После встряхивания показания термометра должны быть близкими к показаниям срочного.

Чтобы не уплотнять почву около термометров, для подхода к ним во время измерений с северной стороны кладут реечный настил.

В полевых условиях термометры могут быть установлены на паровом поле, а для изучения термического режима среди растений – в междурядьях.

Отсчеты производят с точностью до 0,1°С на глаз.

Вначале отсчитывают показания срочного термометра, затем минимального и максимального.

По минимальному термометру для проверки его исправности сначала отсчитывают показание мениска спирта (оно должно быть близко к показанию срочного термометра), а затем штифта, дающего минимальную температуру между сроками наблюдений.

После измерения, приподняв резервуар термометра, штифт подводят к мениску спирта и термометр кладут на прежнее место.

Максимальный термометр после отсчета и записи показаний встряхивают, после встряхивания делают повторный отсчет и термометр кладут на прежнее место.

При обработке в показания минимального термометра наряду со шкаловой поправкой вводят еще добавочную поправку, представляющую собой осредненную за месяц разность между показаниями спирта минимального термометра и срочного ртутного термометра.

Измерение температуры почвы на глубинах

Для измерения температуры почвы на разных глубинах применяют коленчатые термометры, вытяжные термометры или установку М-54-2 и термометры-щупы (рис.86).

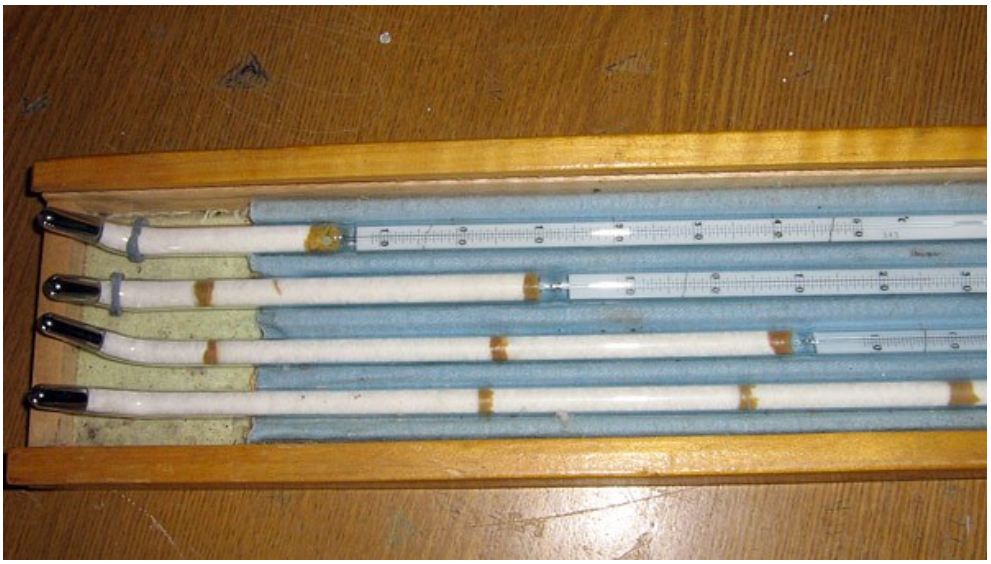


Рис.86. Коленчатые термометры (Савинова) ТМ-5

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

В комплект входят четыре термометра, отличающиеся по длине нижней части.

Коленчатые термометры ртутные с ценой деления 0,5°С. Резервуары термометров цилиндрические.

Несколько выше резервуара термометры изогнуты под углом 135°.

Нижняя часть стеклянной защитной оболочки от резервуара до начала шкалы заполнена теплоизоляционным материалом, что уменьшает влияние на показания термометра слоя почвы, лежащего над его резервуаром, и тем самым обеспечивает более точное измерение температуры на той глубине, на которой установлен резервуар. 46 Установка.

Коленчатые термометры устанавливают на одной площадке с термометрами для измерения температуры поверхности почвы

Выступающие из почвы части термометров располагают с востока на запад в порядке возрастания глубин на расстоянии около 10 см друг от друга.

Резервуары термометров должны быть обращены на север.

Для установки коленчатых термометров выкапывают траншею в виде трапеции АВСД.

Направление ее не точно по линии восток – запад.

Установка коленчатых термометров а с отклонением от этой линии к северу примерно на 30°.

Одна сторона АВ траншеи отвесная. В ней на заданной глубине делают углубления, параллельные поверхности почвы. В эти углубления вдавливают резервуары термометров до самого изгиба.

Для контроля установки проверяют угол наклона выступающей части термометров к поверхности почвы. Этот угол должен быть равен 45°.

Затем траншею засыпают землей, сохраняя последовательность вынутых пластов, и для устойчивости выступающую часть термометров подпирают рогаткой.

Отсчеты по термометрам производят с точностью до 0,1°С.

Рис. Вытяжные термометры ТПВ-50

Вытяжные термометры ТПВ-50 предназначены для измерений температуры почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см (рис. 87).

В устройстве вытяжного термометра на каждой глубине применяют ртутный термометр ТМ-10 с ценой деления 0,2°С.

Термометр помещают в специальную винипластовую оправу с металлическим наконечником.

Для лучшего теплового контакта и увеличения инерции термометра пространство между резервуаром термометра и стенками наконечника заполнено медными опилками.

Оправа с термометром крепится на деревянном шесте, длина которого зависит от глубины установки термометра.

Шест заканчивается колпачком с кольцом.

Деревянный шест с укрепленным на нем термометром в оправе опускают в пластмассовую или эбонитовую трубу, имеющую на нижнем конце металлический колпачок. Такие трубы, обладающие плохой теплопроводностью, сводят к минимуму обмен теплом между верхними слоями почвы и термометром.

Резервуар термометра воспринимает температуру только того слоя почвы, на котором находится металлический колпачок.

При опускании термометра в трубу нужно рассчитать, чтобы он только слегка касался донышка металлического колпачка.

Основной упор термометра должен приходиться на колпачок, который одновременно закрывает трубу сверху. Часть трубы, погруженная в землю, окрашивается обычно в зеленый цвет, а выступающая над почвой часть – в белый.

Вытяжные термометры размещают на открытом месте с естественным покровом на расстоянии 3 – 4 м к востоку от коленчатых термометров.

С помощью бура делают скважины нужной глубины и в них устанавливают трубы в один ряд через 50 см в направлении с востока на запад по возрастающей глубине.

Трубы должны выступать над поверхностью почвы на 50 – 100 см во избежание заноса их снегом в зимний период. После установки труб в них опускают термометры. Чтобы почва вокруг термометров не уплотнялась, отсчет по ним производят со специального откидного помоста, расположенного с северной стороны от термометров на расстоянии 30 см, на одном уровне с верхним концом труб.

В период между измерениями помост должен находиться в вертикальном положении.

Термометр вынимают из трубы за кольцо и быстро отсчитывают показания.

Рекомендуется в начале отсчитать десятые доли, а потом целые градусы.

Отсчеты по термометрам, расположенным на глубине 80 см и более; производят только один раз в сутки, так как с этой глубины суточные колебания температур затухают.

В показания термометров вводят шкаловые поправки.

Рис. 88 Термометр-щуп АМ-6

Термометр-щуп АМ-6 служит для измерения температуры почвы в пахотном слое на глубине от 3 до 40 см (рис.88).

Термометрическая жидкость в термометре – толуол.

Термометр с ценой деления 1,0°С помещается в металлическую оправу, нижний конец которой заострен в виде конусообразного наконечника. В нем находится резервуар термометра. Чтобы тепло не передавалось от оправы к резервуару термометра, наконечник изолирован от остальной части оправы эбонитовой прокладкой.

Для лучшего теплового контакта и увеличения инерции термометра его резервуар погружен в медные опилки.

В верхней части оправы имеется прорезь, через которую видна шкала термометра.

На противоположной стороне оправы нанесены деления в сантиметрах для определения глубины установки термометра (нуль шкалы совпадает с местом расположения резервуара).

Верхний конец оправы заканчивается ручкой, служащей для упора при погружении термометра в почву.

Для наблюдений термометр вертикально устанавливают в почву на заданную глубину. Если почва уплотнена, то вначале делают скважину стержнем соответствующего диаметра на глубину несколько 50

меньше необходимой, а затем в эту скважину опускают термометр, вдавливая его до заданной глубины.

Измерения производят через 10 – 15 мин после установки с точностью до 0,5°С.

При установке термометра на небольших глубинах (5 – 10 см) отсчеты производят, не вынимая его из почвы.

Термометр-щуп переносят и хранят в вертикальном положении.

Измерение глубины промерзания почвы

Для оценки условий перезимовки растений важное значение имеет промерзание почвы.

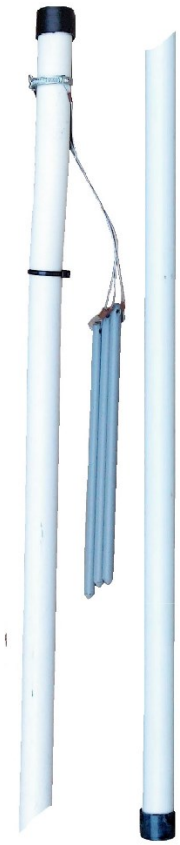


Рис. 89. Мерзлотомер

Глубину промерзания почвы определяют мерзлотомером, который устанавливают на метеорологической площадке и на посевах озимых культур (рис. 89).

Мерзлотомер АМ-21 состоит из резиновой трубки длиной 150 или 300 см, на которой нанесены деления (цена деления 1 см) с нулем у верхнего конца, и водонепроницаемой защитной трубы, закрытой с нижнего конца.

В верхней части трубы, которая выступает из почвы, нанесены деления в сантиметрах для определения высоты снежного покрова.

Резиновая трубка заполняется дистиллированной водой и с обоих концов закрывается капроновыми пробками.

Внутри трубки проходит капроновый шнур с узелками, препятствующий передвижению образовавшегося в ней столбика льда.

Верхний конец трубки присоединяется с помощью шнура, деревянной или пластмассовой штанги к колпачку с кольцом, который плотно закрывает защитную трубку.

Если трубка соединяется с колпачком шнуром, то на него надевают теплоизоляционные пробки.

Мерзлотомер устанавливают в почву за 2 – 3 недели до начала заморозков на площадке около вытяжных термометров и на посевах озимых не более чем в 2 – 3 м от места установки термометров АМ-17 или АМ-2М-1.

Вначале устанавливают в заранее подготовленную скважину защитную трубу так, чтобы нулевое деление ее совпало с поверхностью почвы.

Зазоры между стенкой скважины и трубой плотно засыпают землей.

Для прочности защитную трубку укрепляют растяжками.

После этого в защитную трубу опускают резиновую трубку, заполненную водой и присоединенную к колпачку.

Отсчеты по мерзлотомеру начинают с момента наступления отрицательных температур и продолжают до полного оттаивания почвы.

Для измерения глубины промерзания почвы резиновую трубку вытягивают и двумя пальцами прощупывают ее сверху вниз, определяя границы столбика льда.

По делениям на трубке отсчитывают глубину промерзания и толщину мерзлого слоя почвы с точностью до 1 см.

После измерения резиновую трубку вновь опускают в защитную трубу.

Во время измерения глубины промерзания почвы отмечают также высоту снежного покрова.

11.2. Приборы для измерения влажности воздуха

Для измерения влажности воздуха психрометрическим методом служат станционный и аспирационный психрометры, а гигрометрическим – гигрометры (рис. 90, 91, 92).

Рис. 90. Станционный и аспирационный психрометры

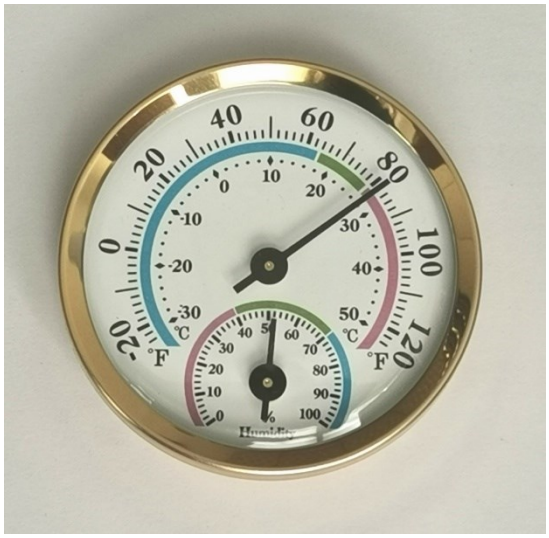


Рис.91. Гигрометр

Для непрерывной регистрации влажности воздуха применяются гигрографы.

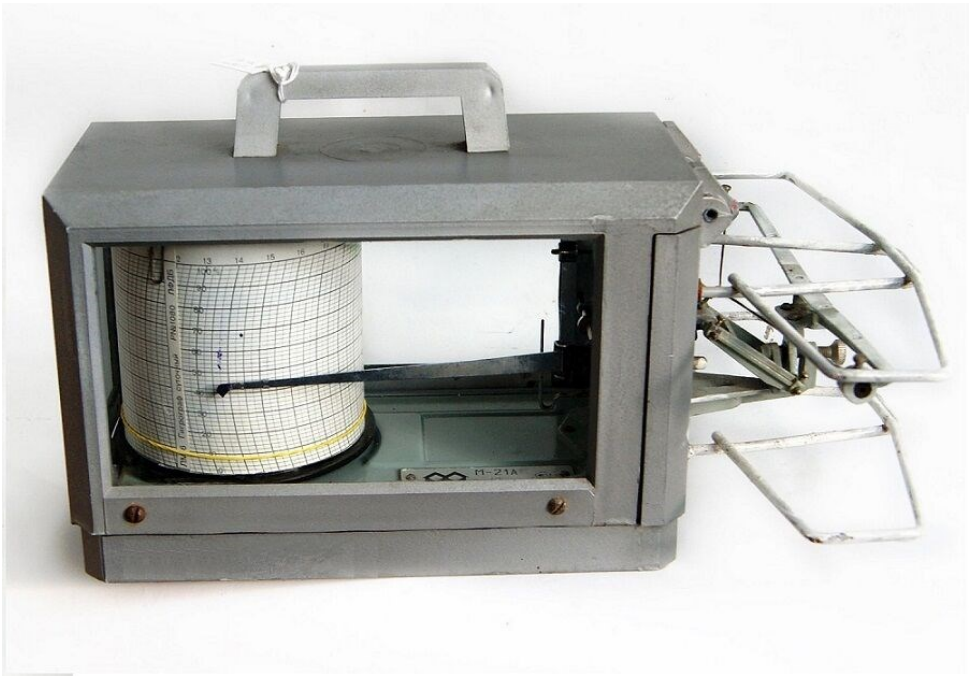


Рис. 92. Гигрограф

Станционный психрометр состоит из двух одинаковых психрометрических термометров ТМ-4 с ценой деления 0,2°С.

Для психрометров подбирают термометры из одной партии изготовления и поверки.

Оба термометра должны соответствовать ГОСТу.

Левый термометр психрометра принято называть сухим, правый – смоченным.

Психрометрические термометры помещают на штативе в психрометрической будке.

Резервуар смоченного термометра плотно обвязывается батистом и нижний конец его погружается в стаканчик с дистиллированной водой (для смачивания батиста применяется только дистиллированная вода).

Стаканчик устанавливается в проволочном кольце, закрепленном на штативе винтом.

Для защиты воды от загрязнения стаканчик закрывается стеклянной или цинковой крышкой с прорезью.

Чтобы края стаканчика не мешали обмену воздуха и около резервуара термометра не создавалась повышенная влажность, верхний край стаканчика должен находиться на расстоянии 2 – 3 см от резервуара термометра.

Точность измерения влажности воздуха по психрометру зависит от интенсивности испарения с поверхности батиста.

Поэтому для получения надежных данных необходимо иметь специальный сорт батиста, правильно повязывать его и следить за его чистотой.

В психрометрах применяют такой батист, который поднимает воду на 7 – 8 см за 15 мин.

Для повязки батиста термометр по возможности закрепляют неподвижно (можно вложить в книгу).

Затем, подобрав батист соответствующего качества и размера (края батиста должны заходить друг на друга не более чем на 1/4 окружности резервуара), его смачивают дистиллированной водой и в мокром виде плотно обертывают вокруг резервуара термометра, закрепляя петлями из ниток в двух местах.

Петлю крепко затягивают над резервуаром и слабо – под резервуаром, чтобы не нарушать тягу воды.

Загрязненный батист плохо впитывает воду, поэтому батист следует менять не реже двух раз в месяц.

Точность отсчетов по термометрам при психрометрических измерениях должна быть 0,1°С, тогда будет обеспечена достаточная точность определения относительной влажности ±1%.

Батист термометра всегда должен быть хорошо смочен.

Поэтому необходимо следить, чтобы стаканчик всегда был наполнен водой до кольцевого ободка.

Необходимо соблюдать правила измерений. Во-первых, батист должен быть хорошо смочен за 10 – 15 мин до отсчета, для этого погружают резервуар термометра с батистом в стаканчик. Во-вторых, отсчеты по термометрам должны проводиться быстро - сначала десятые доли градуса (как у сухого, так и у смоченного термометра), затем целые градусы обоих термометров.

Наблюдатель во время проведения отсчета должен задержать дыхание или, по крайней мере, не дышать на термометры.

Измерения при отрицательных температурах требуют повышенного внимания и соблюдения правил эксплуатации психрометра.

При отрицательных температурах упругость водяного пара е мала, поэтому небольшие ошибки в определении t и t′ вызывают большую ошибку в определении влажности.

С наступлением заморозков батист обрезают непосредственно под шариком резервуара термометра и стаканчик с водой убирают из будки.

Смачивают батист за 30 мин до отсчета водой комнатной температуры, погружая резервуар смоченного термометра в стаканчик.

Стаканчик убирают после того, как температура смоченного термометра повысится на 2 – 3°С выше 0°С. Это означает, что старая ледяная корка на батисте растаяла.

В положенный срок (через 30 мин) производят измерения температуры.

Отсчеты производят быстро, причем сначала отсчитывают десятые доли, а потом целые градусы сухого и смоченного термометров.

После производства отсчетов необходимо наощупь установить, обмерз батист или остался мягким. Это важно для определения влажности, т.к. надо льдом упругость насыщения ниже, чем над переохлажденной водой.

Надежные данные влажности воздуха по психрометрам получают при температуре до -10°С.

Вычисление характеристик влажности воздуха производят по показаниям сухого и смоченного термометров.

Парциальное давление водяного пара вычисляют по психрометрическим формулам.

Парциальное давление водяного пара и дефицит насыщения вычисляют с точностью до 0,1 гПа, а при отрицательной температуре – до 0,01 гПа, относительную влажность – с точностью до 1 %.

Психрометрические таблицы содержат семь таблиц, основной из них является таблица 2, в которой приведены температуры сухого и смоченного термометров с соответствующими им величинами влажности воздуха.

При определении величин влажности воздуха с помощью психрометрических таблиц выбирают графу, соответствующую температуре сухого термометра, и в горизонтальной строке против значения температуры смоченного термометра находят величины влажности воздуха: td, e, f, d.

Таблицы составлены для станционного психрометра и давления 1000гПа. Поэтому при давлении, отличающемся от 1000 гПа, по табл.

3а или 3б Психрометрических таблиц (в зависимости от разности показаний сухого и смоченного термометров) находят поправку на атмосферное давление к парциальному давлению водяного пара (Δe).

Если на батисте лед, то пользуются таблицей 3в. Поправка имеет положительный знак для давления меньше 1000 гПа и отрицательный для давления больше 1000 гПа.

После этого по исправленному значению парциального давления водяного пара (e ± Δe) и температуре сухого термометра определяют исправленные значения характеристик влажности воздуха.

Рис. 93. Аспирационный психрометр МВ-4М

Аспирационный психрометр МВ-4М очень удобен для измерения влажности воздуха в походных условиях (рис. 93).

По принципу действия он аналогичен станционному.

Аспирационный психрометр состоит из двух одинаковых психрометрических термометров ТМ-6 и с резервуарами цилиндрической формы.

Резервуар термометра (смоченного) обвязан батистом, обрезанным непосредственно под резервуаром.

Термометры закреплены в оправе, состоящей из трубки, переходящей в тройник, и защитных планок.

К тройнику с помощью изоляционных пластмассовых втулок присоединены двойные трубки и, в которых находятся резервуары термометров.

Чтобы уменьшить теплопередачу от наружных трубок, внутренние трубки в верхней части опираются на наружные через изоляционные кольца.

Двойные трубки обеспечивают защиту резервуаров от нагревания солнечными лучами. Верхний конец трубки соединен с головкой аспиратора, обеспечивающего всасывание наружного воздуха и обтекание его вокруг резервуаров термометров со скоростью 2 м/с.

Пружина аспиратора заводится ключом.

Для лучшего отражения солнечных лучей металлические части прибора никелированы.

Благодаря изоляции резервуаров термометров от корпуса, хорошей никелировке его металлических поверхностей и постоянной скорости движения воздуха аспирационный психрометр не требует дополнительной защиты от действия солнечных лучей и ветра.

Лишь при больших скоростях ветра за счет затруднения выброса воздуха нарушается скорость аспирации.

Для устранения этого влияния применяют ветровую защиту, которую надевают с наветренной стороны на головку аспиратора.

Смачивание батиста производится из резиновой груши со стеклянной пипеткой и зажимом;

Груша наполняется дистиллированной водой.

Для установки психрометра прилагается крюкподвес.

При работе с аспирационным психрометром необходимо следить за сохранностью его никелировки, исправностью аспиратора и трубок, предохраняющих резервуары.

После наблюдений прибор следует протирать замшей или чистой тряпкой и хранить в футляре.

Периодически необходимо проверять скорость аспирации.

Осуществляют это путем определения скорости вращения барабана с заводной пружиной. С этой целью заводят пружину и, наблюдая

в окошечко головки аспиратора, ожидают появления метки, сделанной на барабане для проверки психрометра.

В момент появления метки аспиратор задерживают кусочком картона.

Затем пружину заводят еще раз и аспиратор пускают одновременно с секундомером.

Когда в окошечке вторично появится метка, секундомер останавливают и отмечают время полного оборота.

Если полученное время оборота барабана отличается от времени, указанного в поверочном свидетельстве, не более чем на ±5 с, прибор исправен.

В среднем барабан делает полный оборот за 80 – 95 с.

Для правильной работы психрометра необходимо следить за чистотой батиста и менять его по мере загрязнения.

В стационарных условиях прибор подвешивают на специальном столбе (резервуары термометров должны находиться на высоте 2 м) с наветренной стороны.

Наблюдатель при измерении должен подходить с подветренной стороны, т. е. так, чтобы ветер был направлен от прибора к наблюдателю.

В полевых условиях психрометр подвешивают на тонком шесте, закрепленном в почве, или кладут горизонтально на специальную подставку.

При горизонтальной установке прибора необходимо следить, чтобы прямые солнечные лучи не попадали на резервуары термометров.

При скорости ветра более 3 м/с во время наблюдений на аспиратор надевают с наветренной стороны защиту.

Высота установки психрометра может быть различной и зависит от цели наблюдений.

Аспирационный психрометр выносят на место измерений зимой за 30 мин, а летом за 15 мин до начала наблюдений, смачивают батист дистиллированной водой из резиновой груши зимой за 30 мин, летом за 4 мин до отсчета.

Для смачивания, ослабив зажим, поднимают воду из груши в стеклянную пипетку до указанной на ней черты и осторожно вводят

пипетку на 3 – 5 с в трубку, в которой находится резервуар смоченного термометра.

Затем воду из пипетки опускают и пипетку вынимают из трубки.

После этого ключом заводят до отказа пружину аспиратора.

Так как во время отсчета аспиратор должен работать полным ходом, то зимой (за 4 мин до отсчета) пружину аспиратора заводят вторично.

Отсчеты производят быстро.

Сначала отсчитывают десятые доли сухого и смоченного термометров, а потом целые градусы.

Вычисление величин влажности воздуха по показаниям аспирационного психрометра выполняется так же, как и по показаниям станционного.

Только при определении парциального давления водяного пара в психрометрических формулах подставляют психрометрический коэффициент A = 0,000662.

Относительную влажность и дефицит насыщения рассчитывают по формулам, а точку росы определяют по психрометрическим таблицам.

В психрометрических таблицах величины влажности воздуха по данным аспирационного психрометра определяются так же, как и по данным станционного.

Разница состоит в том, что поправка к парциальному давлению водяного пара на атмосферное давление и скорость аспирации определяется по психрометрическим таблицам в зависимости от разности показаний сухого и смоченного термометров.

Поправка к парциальному давлению водяного пара всегда положительная.

Рис. 94. Волосной гигрометр

Волосной гигрометр применяется для измерения относительной влажности воздуха (рис.94).

При температуре воздуха ниже -10°С он является основным прибором для измерений влажности воздуха.

Приемной частью гигрометра служит обезжиренный человеческий волос, натянутый на металлическую раму.

Верхний конец его закреплен в хвостовике регулировочного винта с контргайкой, а нижний связан со стрелкой.

Под действием изменения длины волоса и грузика, поддерживающего волос в натянутом состоянии, стрелка вместе с осью поворачивается и фиксирует изменения относительной влажности воздуха на шкале с делениями от 0 до 100 % (цена одного деления 1 %).

Так как волос меняет свою длину с изменением влажности неравномерно, то и деления на шкале имеют неравные промежутки: в начале шкалы они больше, чем в конце.

Волосной гигрометр устанавливают на штативе в психрометрической будке между сухим и смоченным термометрами.

Перед подготовкой гигрометра к работе стрелку устанавливают соответственно показаниям психрометра.

Для этого освобождают контргайку и поворотом регулировочного винта перемещают стрелку на заданное деление.

После этого регулировочный винт снова закрепляют контргайкой. Регулировка гигрометра производится только при высокой влажности воздуха (больше 70 %).

Измерения производят с точностью до 1 %.

Для контроля исправности прибора стрелку отводят немного влево.

Если стрелка возвращается в первоначальное положение, прибор работает нормально.

Волосной гигрометр – относительный прибор, но в зимнее время, при $t \leq -10°C$ он является основным прибором, измеряющим относительную влажность воздуха на метеостанциях. Поэтому его показания сравнивают с показаниями психрометра.

Для этого строят график по ежедневным отсчетам психрометра и волосного гигрометра в течение одного месяца до наступления морозов: по оси абсцисс откладывают относительную влажность по гигрометру, по оси ординат – относительную влажность по психрометру.

Если данные измерений и состояние гигрометра были удовлетворительными, то все точки, соответствующие влажности воздуха по психрометру и гигрометру, располагаются узкой полосой, среди которых проводят плавную линию с углом наклона к осям координат почти 45°.

Исправленные значения влажности воздуха при измерениях в зимнее время находят по графику с помощью указанной линии зависимости или по таблице, составленной на основании данных, снятых с графика.

В этой таблице показания гигрометра даны в левой крайней графе (десятки) и верхней горизонтальной строке (единицы).

Исправленное значение влажности воздуха определяется на пересечении десятков и единиц влажности воздуха по гигрометру.

По результатам измерений относительной влажности и температуры воздуха вычисляют парциальное давление водяного пара, дефицит насыщения и точку росы по психрометрическим таблицам.

В зимнее время в случае, если гигрометр покрывается изморозью, льдом или снегом, гигрометр снимается и вносится в теплое помещение для оттаивания и обсыхания.

В случае загрязнения волосяного датчика его надо промыть согласно специальной инструкции.

Чистку волоса можно производить только летом или осенью, до определения поправки гигрометра.

Рис. 95. Гигрограф

Гигрограф применяется для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха (рис. 95).

Приемником влажности является пучок (35 – 50 штук) обезжиренных человеческих волос, закрепленный концами в двух эбонитовых втулках металлического кронштейна, расположенного с внешней стороны корпуса прибора.

Пучок волос от механических повреждений предохраняется проволочной защитой.

Передаточным механизмом изменения длины пучка волос является система рычагов с осями.

Пучок волос за середину надет на крючок, который соединен с рычагом, укрепленным на одной оси с криволинейным рычагом.

На свободном конце его имеется цилиндрический грузик, удерживающий пучок волос в натянутом состоянии.

Благодаря криволинейным рычагам, кривизна которых специально рассчитана, достигается равномерное перемещение пера на

ленте при неодинаковом изменении длины пучка волос с изменением влажности.

Кроме того, такая передача исключает обрыв пучка волос при случайном нажиме на стрелку.

Запись изменений влажности воздуха осуществляется на ленте, закрепленной на барабане с часовым механизмом внутри.

Барабан надевается на неподвижный стержень с зубчатым колесом у основания.

В зависимости от скорости вращения барабана различают суточные и недельные гигрографы.

На ленте гигрографа горизонтальные параллельные линии соответствуют относительной влажности воздуха в процентах (наименьшее деление 2%), вертикальные дуги – времени; на суточных лентах одно деление равно 15 мин, а на недельных – 2 ч.

Гигрограф устанавливают в одной защитной будке с термографом на верхней полке.

Для подготовки его к работе (или при смене лент) стрелку от барабана отводят с помощью арретира, снимают барабан, закрепляют ленту, на обороте которой записывают дату и время установки, название станции, номер прибора, заводят часовой механизм, надевают барабан на неподвижный стержень и поворотом арретира подводят перо к барабану.

Перо должно быть установлено поворотом барабана на время и поворотом винта на влажность, вычисленную по показаниям психрометра.

Иногда на пучке волос гигрографа могут образоваться капельки воды или лед.

В этих случаях следует слегка постучать по раме или занести прибор в плохо обогреваемое помещение и дать влаге постепенно обсохнуть.

Гигрограф – относительный прибор.

Для введения поправки в его показания в сроки наблюдений по психрометру на ленте гигрографа делают засечки легким подъемом пера с помощью кнопки.

Обработка ленты гигрографа производится с помощью графика.

Летом графики строятся ежемесячно по данным относительной влажности, измеренным по психрометру и снятым с ленты гигрографа

в срочные часы: по оси абсцисс откладывают относительную влажность по гигрографу, по оси ординат – по психрометру.

Среди полученных точек проводят среднюю линию, пользуясь которой по графику определяют для каждого показания гигрографа соответствующее значение по психрометру и заносят в таблицу.

Для обработки зимних лент графики строят по данным двух ближайших осенних месяцев.

В настоящее время наряду с волосными выпускают пленочные гигрометры и гигрографы.

Устройство пленочных приборов отличается от волосных тем, что в них приемником служат животные гигроскопические пленки, натянутые на металлические кольца и соединенные с передающим механизмом.

Могут быть использованы синтетические аналоги (мембраны, нити).

11.3. Измерение атмосферного давления

Атмосферное давление – это сила, действующая на единицу поверхности, т. е. атмосферное давление в каждой точке атмосферы равно массе вышележащего столба воздуха с основанием, равным единице.

Прибор для измерения давления был изобретен в 1643 г. Э.Торричелли, проводя опыты по подтверждению гипотезы Галилея о существовании давления воздуха.

Единицей давления является Паскаль (Па), равный силе в 1 Ньютон (Н), действующей на площадь в 1 м2 (1 Па = 1 $Н/м^2$).

В метеорологии давление выражают в гектопаскалях (гПа) с точностью до 0,1 гПа.

До недавнего времени в качестве единицы давления использовали миллибар (мбар) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.).

Существующие приборы для измерения давления имеют шкалы также в разных единицах.

Соотношение между этими единицами следующее:

1 гПа = 1 мбар = 0,75 мм рт. ст.;

1 мм рт. ст. = 1,33 гПа = 1,33 мбар.

Атмосферное давление является одной из важнейших метеорологических величин.

Изменение его во времени в данной местности тесно связано с развитием атмосферных процессов (приближением и прохождением фронтов, циклонов, антициклонов).

Различия по горизонтали являются непосредственной причиной движения воздуха; закономерности изменения давления с высотой используются для решения ряда практических задач, в частности для определения превышения между двумя уровнями.

Для расчета небольших разностей высот (до 1000 м) используется барометрическая формула Бабинэ.

Эта формула позволяет осуществлять барометрическое нивелирование и может быть использована в практике сельского хозяйства для составления топографических карт в сильно пересеченной местности, когда обычное нивелирование применить трудно.

Для измерения атмосферного давления применяют ртутные и деформационные барометры разных типов, а для непрерывной регистрации давления – барографы (рис. 96).

Рис. 96. Барограф М-22А

Рис. 97. Ртутный барометр

В ртутных барометрах измерение давления основано на измерении высоты ртутного столба, уравновешивающего атмосферное давление, а в деформационных – на зависимости упругой деформации твердых тел от оказываемого на них давления (рис. 97).

Наиболее распространенными чувствительными элементами в этих приборах являются анероидные мембранные коробки (барокоробки) и блоки из них (бароблоки), а также сельсины.

Ртутные барометры бывают трех типов:

- чашечные,
- сифонные
- сифонно-чашечные.

Барокоробка состоит из двух круглых мембран диаметром 30-80 мм.

Мембраны спаяны или сварены по окружности, имеют жесткие центры с крепежными ножками.

Бароблоки собираются из отдельных мембран.

Чувствительность бароблока равна суммарной чувствительности его барокоробок.

Сильфон состоит из тонкостенной гофрированной трубки, которая закрыта с обоих концов впаянными дисками.

В центре дисков устанавливаются крепежные ножки.

Также как и в барокоробках, внутренняя часть сильфона вакуумируется.

Также для измерения давления применяют методы:

- основанный на использовании упругих свойств газов (газовые барометры);
- основанный на зависимости точки кипения жидкости от внешнего давления - термобарометры (гипсотермометры);
- основанный на измерении опорной резонансной частоты колебаний датчика, которая зависит от атмосферного давления.

Станционный чашечный барометр состоит из стеклянной барометрической трубки длиной около 800 мм и внутренним диаметром 7,2 мм, запаянной с верхнего конца и заполненной очищенной ртутью.

Нижний конец трубки опущен в пластмассовую чашку и укреплен с помощью шайбы.

Чашка состоит из трех свинчивающихся частей.

В средней части чашки имеется диафрагма с отверстиями.

Диафрагма, занимая некоторый объем, дает возможность наливать в чашку меньше ртути, а также предохраняет ртуть от сильных колебаний и от попадания воздуха в стеклянную трубку при переноске прибора.

Рис. 98 Барометр

Барометр сообщается с атмосферным воздухом через резьбовое отверстие в крышке чашки, которое для предохранения ртути от загрязнения закрывается винтом с кожаной шайбой (рис. 98).

Стеклянная трубка находится в металлической оправе.

В нижней части ее укреплен термометр для измерения температуры прибора с ценой делений 1,0°С.

В верхней части оправы имеется сквозная прорезь, позволяющая видеть мениск ртутного столба в стеклянной трубке.

С левой стороны прорези нанесена шкала с пределами измерений от 680 до 1070 гПа (СР-А) или от 810 до 1100 мбар (СР-Б).

Вдоль стеклянной трубки с помощью кремальеры перемещается кольцо с укрепленным на нем ониусом, который служит для наводки на мениск ртутного столба и для отсчета десятых долей.

В верхней части оправы укреплено кольцо для подвешивания барометра.

Барометр подвешивают за кольцо на крюк в специальном шкафу, укрепленном на капитальной стенке вдали от обогревательных систем, окон и дверей.

Перед измерением открывают шкаф и включают освещение.

Вначале отсчитывают показания термометра с точностью до 0,1°С, а потом, слегка постучав по защитной оправе барометра, чтобы

мениск ртути в стеклянной трубке принял нормальную форму, подводят сверху нониус с помощью кремальеры до кажущегося касания его нижнего среза вершины мениска ртути (при правильной установке нониуса слева и справа должны быть видны небольшие уголки просвета) и отсчитывают показания барометра с точностью до 0,1 мбар (0,1 гПа).

Целые деления отсчитывают по нижнему срезу нониуса, а десятые – по нониусу.

Деление нониуса, совпадающее с делением шкалы, показывает число десятых долей.

Рис. 99. Барометр-анероид БАММ-1

Анероиды выпускаются нескольких конструкций. В настоящее время наиболее распространенным является барометр-анероид БАММ-1 (рис. 99).

Принцип действия его основан на деформации мембранных анероидных коробок под действием давления и преобразования линейных перемещений мембран посредством передаточного механизма в угловые перемещения стрелки относительно шкалы.

Чувствительный элемент анероида состоит из трех последовательно соединенных анероидных коробок (бароблока).

Одна из крепежных ножек его неподвижно прикреплена с помощью пластины к стойкам, расположенным между металлическими платами, а вторая шарнирно соединена с помощью жесткой тяги с рычагом промежуточной оси.

Вторым рычагом ее является движок, который соединен пластинчато-шарнирной цепочкой с роликом, насаженным на общую со стрелкой ось.

Для создания постоянного натяжения цепочки на оси имеется спиральная пружина (волосок)

Для отсчета давления к верхней плате с помощью втулок и винтов прикреплена пластина с отверстием в центре для выхода оси, на конец которого насажена стрелка.

Пластина имеет круговую шкалу с делениями в паскалях.

Цена одного деления 100 Па или 1 гПа.

На некоторых анероидах шкала градуирована в миллиметрах ртутного столба с ценой деления 0,5 мм.

Для измерения температуры прибора в прорези шкальной пластины прикреплен дугообразный ртутный термометр.

Цена деления шкалы термометра 1°С.

Регулировка чувствительности анероида при его проверке производится винтом, а установка стрелки на соответствующее деление – винтом.

После проверки прибора не рекомендуется пользоваться регулировочными винтами, так как это влечет за собой изменение поправок анероида.

Механизм анероида помещается в пластмассовый корпус, закрывается стеклом, которое закрепляется навинченным на корпус кольцом.

В корпусе есть отверстие, через которое при проверке можно вращать с помощью отвертки винт.

Анероид хранится в футляре. Это предохраняет его от резких колебаний температуры.

Барометр-анероид устанавливают горизонтально на специальной подставке или на столе.

Футляр, в котором находится анероид, открывают только на время измерений.

При измерениях вначале отсчитывают температуру по термометру при анероиде с точностью до 0,1°С.

После этого, слегка постучав по стеклу анероида для преодоления трения в передающей части, отсчитывают положение стрелки относительно шкалы с точностью до 0,1гПа или 0,1 мм рт. ст.

В показания анероида вводят три поправки: шкаловую, температурную и добавочную.

Шкаловая поправка учитывает инструментальную неточность анероида, возникающую в результате технологических допусков при изготовлении прибора.

В различных участках шкалы она может быть разной.

В поверочном свидетельстве шкаловые поправки приводятся для всей шкалы через каждые 10 гПа или 10 мм рт. ст.

Для промежуточных показаний поправку определяют путем интерполяции двух соседних поправок.

Температурная поправка учитывает влияние температуры.

При одном и том же атмосферном давлении, но разной температуре прибора показания анероида могут быть разными, так как с изменением температуры упругость мембранных коробок не остается постоянной.

Чтобы исключить влияние температуры, показания анероида приводятся к 0°С.

Для этой цели определен температурный коэффициент, представляющий собой изменение показания анероида при изменении температуры на 1°С. Он указан в поверочном свидетельстве.

Для получения температурной поправки его надо умножить на температуру прибора.

Добавочная поправка учитывает остаточную деформацию коробок. Эта поправка меняется во времени.

Поэтому в поправочном свидетельстве указывают дату ее определения.

Добавочную поправку рекомендуется определять не реже одного раза в 6 месяцев, а при барометрическом нивелировании – до начала и после работы.

Для определения добавочной поправки необходимо провести одновременные отсчеты по станционному чашечному барометру и анероиду (3 – 5 отсчетов).

Разница между показаниями ртутного барометра с учетом всех поправок и анероида с двумя поправками (температурной и шкаловой) будет добавочной поправкой к анероиду.

Барометры-анероиды имеют широкое распространение, так как габариты их небольшие, они просты в обращении и удобны при транспортировке.

Вследствие этого анероиды используются для барометрического нивелирования.

Рис. 100 Барограф М-22А

Барограф М-22А применяется для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления (рис. 100).

Приемная часть барографа состоит из нескольких анероидных коробок, свинченных между собой (бароблок).

Бароблок нижним концом укреплен на биметаллической пластинке, расположенной под платой, а верхним концом соединен тягой с передающей частью.

С повышением атмосферного давления бароблок коробок укорачивается, с понижением – удлиняется

Передающая часть барографа представлена системой рычагов.

Изменение высоты бароблока через тягу воспринимает рычаг с шарниром, расположенным в подвижном кронштейне, и передает с помощью тяги на рычаг, расположенный на одной оси со стрелкой, заканчивающейся пером.

Положение подвижного кронштейна, имеющего шарнир в кронштейне, фиксируется сверху винтом, а снизу – упорной пружиной.

Поворотом винта можно перемещать подвижный кронштейн вокруг его шарнира и тем самым изменять положение всей рычажной системы, не деформируя бароблок.

Винт является регулировочным. Винт служит для установки пера на соответствующее деление давления на ленте барографа.

Регистрирующей частью барографа является барабан (с часовым механизмом внутри), на который надевается бумажная лента.

На ленте барографа горизонтальные линии соответствуют атмосферному давлению в миллибарах (цена наименьшего деления 2 мбар), а вертикальные дуги – времени.

В зависимости от скорости вращения барабана барографы бывают суточные и недельные.

На суточных цена деления равна 15 мин, на недельных – 2 ч.

Барограф устанавливают горизонтально на специальной полке или на столе недалеко от ртутного барометра.

Во избежание резких колебаний температуры он должен быть удален от отопительных приборов и защищен от воздействия солнечных лучей.

Перед установкой барографа арретиром отводят стрелку с пером, снимают барабан, заводят часовой механизм и на барабан накладывают бумажную ленту, на которой записывают дату и время установки.

После этого барабан надевают на неподвижный стержень, укрепленный на плате, поворотом арретира перо подводят к барабану так, чтобы положение его соответствовало времени и величине атмосферного давления (по барометру) в данный момент.

Во время работы прибора в сроки наблюдений на ленте нажатием на кнопку делают засечки для сравнения его показаний с показаниями барометра.

Барометрическое нивелирование – определение превышения одного уровня на местности над другим по данным измерений давления и температуры воздуха на этих уровнях.

Для измерения давления используют анероид, для измерения температуры воздуха – аспирационный психрометр (отсчет делают только по сухому термометру).

Для большей точности делают два отсчета по приборам: сначала по одному отсчету на нижнем и верхнем уровнях, а потом по второму отсчету в той же последовательности.

Превышение определяют по барометрической формуле, подставляя средние из двух отсчетов значения давления и температуры воздуха на каждом уровне. Превышение вычисляют с точностью до 1 м[2].

11.4. Приборы для измерения скорости и направления ветра

Приборы для измерения скорости ветра называются анемометрами, для измерения скорости и направления ветра – анеморумбометрами, а некоторые из них – ветромерами (рис. 101,102,103).

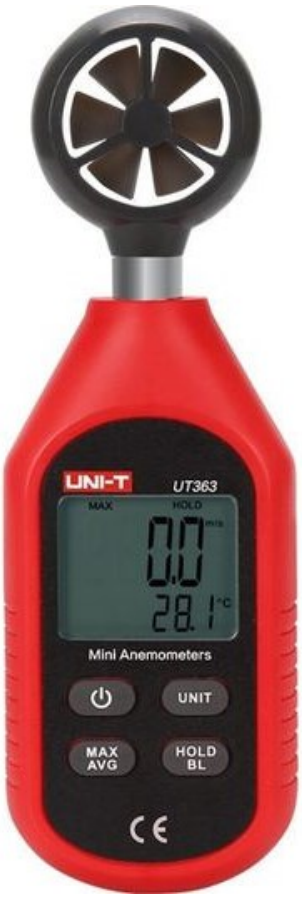


Рис. 101. Анемометр

Рис. 102. Анеморумбометр

Рис. 103. Ветромер

Первичными приемниками направления ветра являются флюгарки, колесо Салейрона, ветровой конус.

Флюгарка представляет собой жесткую, асимметричную, относительно вертикальной оси, систему из пластин и противовеса. Это система свободно вращается вокруг вертикальной оси.

Под давлением ветрового потока флюгарка устанавливается в плоскости ветра противовесом навстречу ветру, т.е. указывает направление, откуда дует ветер.

Большинство флюгарок состоит из двух пластин, расположенных под углом друг к другу.

Для измерения скорости ветра в качестве первичных преобразователей используются: чашечные вертушки, воздушные винты и свободно подвешенные около горизонтальной оси пластины.

Так же могут быть использованы трубки Прандтля (измеряя избыточное давление в трубке, определяют скорость ветра), термоприемник (различные тела, температура которых отличается от температуры окружающего воздуха; по количеству тепла, теряемому теплом, и определяется скорость ветра; это могут быть термопары, термосопротивления), приемник акустического излучения в акустических анемометрах.

Для измерения скорости и направления ветра наибольшее распространение имеют флюгер, анеморумбометры и анемометры (рис. 104).

Рис. 104. Флюгер станционный

Приемником направления ветра служит двухлопастная флюгарка с противовесом. Она укреплена на трубке, которая надевается на заостренный конец неподвижной оси и свободно вращается вокруг нее.

Для определения направления ветра на неподвижной оси расположена муфта с восемью штифтами, указывающими направление стран света.

Приемник скорости ветра смонтирован над флюгаркой. Им служит прямоугольная металлическая доска (пластина), свободно качающаяся около горизонтальной оси, закрепленной в упорах рамки перпендикулярно флюгарке [59].

При отсутствии ветра под действием силы тяжести пластина занимает вертикальное положение, при ветре откланяется от вертикали на угол α, пропорциональный скорости ветра.

Рамка имеет дугу с восемью штифтами, по которым отсчитывают положение доски, отклоняющейся под действием ветра, и противовес для уравновешивания дуги.

Штифты нумеруются от 0 до 7.

Для удобства отсчета четные штифты (0, 2, 4, 6) длиннее нечетных (1, 3, 5, 7).

Каждому штифту соответствует определенная скорость ветра.

Для выражения скорости ветра в м/с пользуются градуировочной таблицей

При определении направления ветра наблюдатель стоит под указателем направления ветра, следит за положением противовеса флюгарки относительно указательных штифтов и отмечает среднее положение противовеса за 2 мин.

Для измерения скорости ветра необходимо несколько отойти от мачты флюгера и стать так, чтобы доска и дуга со штифтами были хорошо видны.

Скорость ветра непрерывно изменяется.

Поэтому отмечают номер штифта, соответствующего среднему положению доски в течение 2 мин.

После этого скорость ветра по номеру штифта переводят в м/с.

Измерения по флюгеру позволяют определить характер ветра (ровный, порывистый, меняющий свое направление) и максимальную скорость.

При скоростях ветра больше 20 м/с измерения производят по флюгеру с тяжелой доской.

При этом записывают среднее и верхнее положение доски, куда она доходила в течение 2 мин.

Рис. 105. Анеморумбометр М-63М-1

Анеморумбометр М-63М-1 – дистанционный прибор (рис. 105).

Анеморумбометр М-63М-1 предназначен для измерения средней, мгновенной, максимальной скорости и осредненного направления ветра.

Анеморумбометр состоит из датчика, измерительного пульта, блока питания и соединительного кабеля.

Принцип действия его основан на зависимости частоты следования импульсов на выходе датчика скорости ветра и фазового сдвига между двумя сериями импульсов, вырабатываемых датчиком направления ветра.

Датчиком направления ветра является флюгарка, имеющая вид объемного обтекаемого корпуса с вертикально расположенными лопастями и цилиндром ; датчиком скорости ветра служит четырехлопастной воздушный винт, установленный на горизонтальной оси в передней части флюгарки.

Флюгарка вместе с цилиндром свободно поворачивается вокруг стойки, неподвижно укрепленной на мачте.

На стойке находится ориентир для установки датчика относительно стран света и штепсельный разъем для подключения соединительного кабеля.

Измерительный пульт смонтирован в прямоугольном корпусе, на лицевой панели которого расположены указатели характеристик ветра, ручки и кнопки управления.

Отсчет максимальной и мгновенной скорости ветра производят по шкале с двумя пределами измерений.

Пределы измерений по верхней шкале от 0 до 60 м/с с ценой деления 2 м/с, по нижней шкале – от 0 до 30 м/с с ценой деления 1 м/с.

Переключение на нижнюю шкалу осуществляется кнопкой переключения.

Указатель средней скорости имеет цену деления большой шкалы 0,1 м/с и малой шкалы 10 м/с.

Включение установки для отсчета осредненной скорости ветра за 10-минутный интервал производится поворотом ручки.

Направление ветра определяется по шкале, состоящей из двух частей. Пользуются ими в зависимости от цвета индикаторов.

По верхней шкале отсчитывают при красном цвете индикатора (пределы измерений 0 – 360°), по нижней - при зеленом цвете индикатора (пределы измерений 180 - 360 - 180°).

Цена деления каждой шкалы 5°.

Включение канала направления ветра производится нажатием кнопки.

Штепсельные разъемы для подключения кабелей датчика и блока питания находятся на задней стенке пульта.

Блок питания содержит аккумуляторную батарею и выпрямитель, обеспечивающий работу прибора от сети переменного тока.

Датчик анеморумбометра устанавливают на металлической мачте на открытой площадке или крыше здания, а измерительный пульт и блок питания – в служебном помещении на столе или специальной подставке на расстоянии не более 2 м друг от друга.

Датчик и измерительный пульт соединены между собой 7-жильным кабелем длиной 150 м, а измерительный пульт и блок питания – кабелем длиной 2 м.

Нажатием кнопки включают узел измерения скорости ветра.

Для определения средней скорости за 10-минутный интервал поворачивают до упора ручку и производят сброс показаний указателя средней скорости с помощью кнопки.

После автоматического отключения механизма отсчитывают значения средней скорости ветра, по нижнему указателю шкалы (черная стрелка) – мгновенную скорость, а по верхнему указателю (красная стрелка) – максимальную скорость.

Отсчеты скорости ветра снимают с точностью до 1 м/с.

После этого поворотом ручки производят сброс максимальной скорости до совпадения показаний стрелок максимальной и мгновенной скоростей.

Для определения направления ветра за 2 – 3 мин до измерений нажатием кнопки включают шкалу, следят за положением стрелки в течение 2 мин и производят отсчет по нижней или верхней шкале в зависимости от цвета индикатора с точностью до 5°.

Рис. 106 Анемометр ручной чашечный

Анемометр ручной чашечный МС-13 служит для измерения средней скорости ветра за небольшие промежутки времени (обычно 10 мин) в пределах от 1 до 20 м/с (рис. 106).

Его широко применяют при агрометеорологических наблюдениях для измерения скорости ветра на полях с различными культурами, в лесополосах и др.

Чувствительным элементом анемометра является чашечная вертушка с четырьмя полушариями, обращенными выпуклостями в одну сторону.

Вертушка насажена на ось.

В нижней части ось имеет червячную (винтовую) нарезку, соприкасающуюся с зубчатым колесом, которое передает вращение вертушки счетному механизму.

Счетный механизм помещен в корпусе и представляет собой систему зубчатых колес, связанных с тремя стрелками, которые при вращении вертушки перемещаются по трем шкалам.

Центральная шкала имеет 100 делений.

По этой шкале отсчитывают десятки и единицы оборотов.

Малые шкалы имеют по 10 делений и служат для отсчета сотен и тысяч оборотов.

При полном обороте стрелки по большой шкале стрелка на шкале «сотни» поворачивается на одно деление и т. д.

Счетный механизм включается и выключается арретиром, выступающий конец которого расположен сбоку корпуса и имеет вид подвижного кольца.

Движением арретира вверх (против часовой стрелки) счетчик анемометра включают, а движением вниз (по часовой стрелке) – выключают.

В корпусе прибора по обе стороны арретира ввинчены два ушка и, через которые протягиваются концы шнура, прикрепленного к кольцу для включения и выключения прибора, когда его нельзя достать рукой.

От механических повреждений вертушка защищена металлическими дужками (на рисунке показано место крепления их).

В нижней части корпуса имеется винт для установки анемометра на столбе.

Ручной анемометр устанавливают на столбе нужной высоты, ввинчивая винт в верхушку столба, или держат на вытянутой руке плоской поверхностью корпуса параллельно направлению ветра, шкальной стороной к наблюдателю.

Перед измерением при выключенном счетчике записывают начальные показания, т. е. положение всех трех стрелок (тысячи, сотни, десятки, единицы), устанавливают анемометр на заданной высоте и через 20 – 30 с, когда скорость вращения вертушки установится, счетчик анемометра включают.

Через определенное время (на практике чаще всего через 10 мин после включения) счетчик выключают и записывают новые показания

прибора (тысячи, сотни, десятки, единицы) и время работы прибора в секундах.

Секундомер включают и выключают одновременно с арретиром анемометра.

По разности показаний счетчика, деленной на время работы прибора, определяют среднее число делений счетчика в 1 с.

Для выражения средней скорости ветра в м/с пользуются поверочным свидетельством данного прибора, в котором имеется градуировочный график или таблица.

Между наблюдениями анемометр хранится в футляре с выключенным механизмом.

Рис. 107. Анемометр ручной индукционный АРИ-49

Для измерения мгновенной скорости ветра может быть использован анемометр ручной индукционный АРИ-49 (интервал осреднения 3-5 с), который имеет шкалу, градуированную в м/с (рис. 107).

Пределы измерения от 2 до 30 м/с.

Действие прибора основано на измерении угловой скорости вращения трехчашечной вертушки с помощью магнитоиндукционного тахометра.

11.5. Приборы для измерения осадков

Измерение количества осадков производится осадкомерами и дождемерами, регистрация изменений их количества во времени и интенсивность – плювиографом (рис. 108,109,110).

Рис. 108. Осадкомер

Рис. 109. Дождемер

Рис. 110 Плювиограф

Осадкомер Третьякова является основным прибором для измерения количества жидких и твердых осадков (рис. 111).

В комплект осадкомера входят два цилиндрических ведра (осадкомерные сосуды), крышка к ведру, планочная защита, таган для установки ведра и измерительный стакан.

Ведро осадкомера имеет высоту 40 см и площадь приемной поверхности 200 $см^2$.

Внутри ведра впаяна диафрагма в виде усеченного конуса, отверстие которой для уменьшения испарения осадков из ведра в летнее время закрывается воронкой.

Рис 111. Осадкомер Третьякова

С внешней стороны ведра для слива собранных осадков в измерительный стакан припаян носик с колпачком.

Ведро осадкомера устанавливают в таган, который закреплен неподвижно на металлической подставке.

Для уменьшения влияния ветра на количество осадков, попавших в ведро, применяется ветровая защита, состоящая из 16 трапециевидных планок.

Верхние концы планок отогнуты во внешнюю сторону и находятся на одной высоте с верхним краем ведра. Крепятся они за ушки на металлическом кольце, которое с помощью четырех кронштейнов соединено с таганом.

Планки расположены на равном расстоянии друг от друга и соединены между собой внизу и вверху цепочками.

Измерение количества осадков производится измерительным стаканом, который представляет собой мензурку с делениями (100 делений) (рис. 112).

Одно деление стакана по объему равно 2 $см^3$.

При площади приемной поверхности 200 см^2 это соответствует 0,1 мм осадков.

Место установки осадкомера должно быть удалено от окружающих предметов на расстояние не менее их трехкратной высоты.

Таган укрепляют на металлической подставке так, чтобы верхний край установленного в нем ведра находился на высоте 2 м от поверхности земли.

При высоте снежного покрова более 60 см осадкомер устанавливают на запасной столб, который на 1 метр выше основного.

Рядом с подставкой осадкомера находится лесенка.

Во время измерений производят смену ведер (4 раза в сутки).

Пустое ведро, закрытое крышкой, выносят из помещения и заменяют им ведро, стоящее на тагане осадкомера.

Снимают с него крышку, закрывают снятое ведро и переносят в помещение, где измеряют количество осадков.

Содержащиеся в ведре осадки переливают через носик в измерительный стакан, установленный на горизонтальной поверхности, и отсчитывают по положению уровня воды число делений стакана.

Измерение количества твердых осадков производят после того, как они полностью растают, при этом ведро должно быть закрыто крышкой.

Если осадков окажется более 100 делений стакана, то измеряют их в несколько приемов, записывая число делений каждого измерения и общую сумму.

Количество выпавших осадков в миллиметрах соответствует числу делений стакана, уменьшенного в 10 раз.

К результатам измерений вводят поправку на смачивание ведра.

Для жидких осадков, количество которых меньше 0,5 деления стакана, поправка составляет +0,1 мм, а для осадков 0,5 деления стакана и больше поправка равна +0,2 мм.

По данным продолжительности выпадения осадков определяют интенсивность их за этот период (мм/мин).

Дождемер напочвенный применяют для измерения количества жидких осадков, которые наблюдаются на уровне почвы.

Считается, что ветровая защита полностью не предотвращает образование завихрений у приемного отверстия осадкомера, т.е. не исключает погрешность.

Их полностью исключает напочвенный осадкомер, который устанавливается в углублении в земле, его приемное отверстие находится на уровне земли, где скорость ветра $\upsilon \approx 0$.

Рис. 112. Дождемер напочвенный

В приемное отверстие попадает практически столько же осадков, сколько на любую другую ближайшую горизонтальную поверхность.

Используют дождемер преимущественно в комплекте с испарителями.

Дождемер состоит из ведра и гнезда.

Дождемерное ведро отличается от ведра осадкомера большей площадью поверхности (500 см^2) и наличием сплошной конусообразной диафрагмы с отверстием у вершины для стока воды в нижнюю часть ведра.

Гнездо изготавливается из листовой стали и имеет форму цилиндра высотой 28 см и диаметром 35 см.

В дне гнезда имеются отверстия для стока воды, попавшей в него, и три пружинящие опоры для установки ведра.

Почвенный дождемер устанавливают в теплое время года на открытой площадке в специально подготовленное углубление в почве.

Гнездо помещают так, чтобы верхний край выступал над почвой на 5 см, стенки соприкасались с почвой, а под дном его должно быть небольшое углубление диаметром 10 – 15 см для стока воды из гнезда.

После этого на опоры в гнезде ставят горизонтально дождемерное ведро (рис. 113).

Измерения по дождемеру производят так же, как по осадкомеру.

Через носик воду переливают в измерительный стакан и по уровню воды в нем отсчитывают число делений.

Стакан имеет 100 делений.

Одно деление равно 5 $см^3$ воды и соответствует 0,1 мм осадков.

Аналогично к данным измерений вводится поправка на смачивание ведра.

Рис. 113. Осадкомер суммарный М-70

Осадкомер суммарный М-70 применяется в труднодоступных местах для определения количества осадков.

Позволяет измерять сумму выпавших осадков в любое время года за срок до 12 месяцев.

Осадкомер состоит из:

а) приемного цилиндра,

б) пластиночной ветровой защиты,

в) резервуара, т.е. водосборного сосуда,

г) основания подставки.

Водосборный сосуд имеет разборную конусообразную форму, что уменьшает вероятность разрыва при замерзании жидких осадков.

Для предотвращения жидких осадков от испарения в осадкомер наливают некоторое количество минерального масла, которое растекаясь по поверхности воды создает предохранительную пленку.

Стойка - подставка (основание) состоит из металлических стоек, осадкомер на подставке устанавливается так, чтобы его приемная поверхность была на высоте 2 м от поверхности почвы.

Площадь приемной поверхности 500 см^2.

В установленные для измерений сроки производится измерение осадков с помощью измерительного стакана.

Если в осадкомере имеются твердые осадки, то водосборный сосуд подогревают до полного таяния, затем сливают воду в измерительный стакан.

Максимальное измеряемое количество осадков 1500 мм.

Погрешность измерения 0,1 мм.

Рис. 114. Плювиограф П-2

Плювиограф П-2 служит для непрерывной регистрации количества и интенсивности жидких осадков (рис. 114).

Плювиограф состоит из цилиндрического сосуда с приемной площадью 500 см^2.

В нижней части сосуд переходит в конус, заканчивающийся сливной трубкой, которая вставляется в воронку трубки, идущей от поплавковой камеры.

Осадки через приемное ведро поступают в поплавковую камеру, внутри которой находится полый металлический поплавок со стержнем и стрелкой, 100 заканчивающейся пером.

Рядом с поплавковой камерой укреплен барабан с часовым механизмом.

На барабан надевается бумажная лента.

Горизонтальные линии на ней соответствуют количеству осадков, а вертикальные – времени.

Одно горизонтальное деление равно 0,1 мм осадков, а одно вертикальное – 10 мин.

В нижней части корпуса прибора помещается контрольный сосуд, в который сливаются осадки из поплавковой камеры.

При выпадении осадков вода из приемного сосуда переливается в поплавковую камеру.

При этом поплавок, находящийся в камере, поднимается и перо чертит на ленте кривую линию, причем, чем интенсивнее осадки, тем круче подъем кривой.

Как только осадки заполнят поплавковую камеру (10 мм), начинает действовать сифон, и вода из камеры автоматически выливается в контрольный сосуд.

При этом перо вычерчивает на ленте вертикальную прямую линию от верха до нулевого деления ленты.

Если осадки продолжают выпадать, поплавковая камера снова наполняется водой и перо поднимается вверх.

Если осадки прекращаются, перо чертит на ленте горизонтальную линию.

В холодное время при отрицательных температурах плювиограф не используют, так как вода в сосуде может замерзнуть и повредить прибор.

Прибор устанавливают горизонтально на открытой площадке на специальном столбе так, чтобы его верхняя часть была на высоте 2 м от поверхности почвы.

Плювиограф укрепляется проволочными растяжками.

Обработка ленты плювиографа (плювиограммы) заключается в следующем.

По записи на ленте отмечают время начала и конца дождя, записывают количество осадков, выпавших за каждый час, вычисляют общую сумму осадков за 24 ч и определяют интенсивность дождя в 1 мин.

Интенсивность дождя рассчитывают по 10-минутным интервалам.

Прибор устанавливают горизонтально на открытой площадке на специальном столбе, укрепленном для надежности проволочными оттяжками.

Верхний край плювиографа должен быть на высоте 2 м от поверхности почвы.

Ленты плювиографа меняют ежедневно, если был дождь (хотя и слабый).

При смене лент заводят часовой механизм.

В сухую погоду одну ленту используют пять-шесть дней.

В холодное время плювиограф разбирают.

Для этого вынимают барабан с часовым механизмом, сифонную трубку, поплавковую камеру и контрольный сосуд.

Насухо все протирают и хранят в помещении.

Водосборный приемник закрывают крышкой. Обработка ленты плювиографа.

Данные о количестве и интенсивности осадков получают после обработки ленты.

Обработку производят для каждого дождя.

По записи на ленте отмечают время начала и конца дождя, записывают количество осадков, выпавших за каждый час, вычисляют общую сумму осадков за 24 ч и интенсивность дождя в 1 мин.

В труднодоступных местах используют суммарные осадкомеры, а также автоматические радиометрические установки.

11.6. Наблюдения за снежным покровом

Наблюдения за снежным покровом состоят из определения степени покрытия снегом территории и характера залегания снежного покрова, измерения его высоты и плотности, запаса воды в снеге, а также определения наличия и толщины ледяной корки и состояния почвы под снегом.

Измерение высоты снежного покрова производится снегомерными рейками, а плотности – снегомером.

Снежный покров залегает неравномерно по территории, поэтому высоту его измеряют в нескольких местах.

Для этого применяют постоянные и переносные (маршрутные) снегомерные рейки.

Постоянная снегомерная рейка М-103 представляет собой деревянный брус длиной около 2 м и шириной не менее 5 см со шкалой в сантиметрах (цена деления 1 см).

Рис. 115 Снегомерная рейка М-103

Постоянные снегомерные рейки устанавливают осенью до начала снегопадов (рис. 115).

В месте установки забивают в землю деревянный заостренный брусок длиной 40 – 60 см с запиленной ступенькой и к этому бруску привинчивают снегомерную рейку так, чтобы нулевое деление рейки находилось на уровне почвы.

Обычно устанавливают три постоянные снегомерные рейки, располагая их по треугольнику.

Расстояние между ними должно быть около 10 м.

Измерение высоты снежного покрова по постоянным рейкам делают с одного и того же места на расстоянии 5 – 6 шагов от рейки, не нарушая снежного покрова около рейки.

Так как непосредственно около рейки под действием ветра может произойти выдувание снега, то при отсчетах необходимо наклоняться возможно ближе к поверхности снежного покрова.

Отсчет производят с точностью до 1 см.

Переносная снегомерная рейка М-104 применяется при маршрутных измерениях высоты снежного покрова и представляет собой деревянный брусок длиной 180 см, шириной 4 см и толщиной 2 см, изготовленный из сухого, пропитанного маслом дерева (рис. 116).

Рис. 116. Переносная снегомерная рейка М-104

Нижний конец рейки заострен и обит жестью.

На одной стороне рейки нанесены деления в сантиметрах (цена деления 1 см).

Начало деления шкалы совпадает с нижним обрезом наконечника.

При измерении высоты снежного покрова рейку погружают вертикально в снег заостренным концом так, чтобы он достиг поверхности почвы. После этого отсчитывают по шкале высоту с точностью до 1 см.

Плотность снега измеряют походным весовым снегомером (рис. 117,118).

Походный весовой снегомер ВС-4 состоит из снегозаборника весов и лопатки.

Рис. 117. Весовой снегомер ВС-4

Рис. 118. Снегозаборник

Снегозаборник представляет собой металлический цилиндр, высота которого 60 см, площадь поперечного сечения 50 см^2.

На одном конце его находится кольцо, заканчивающееся пилообразной режущей кромкой, а другой конец может закрываться крышкой.

Для измерения высоты снежного покрова на цилиндр нанесена шкала в сантиметрах.

Нулевое деление шкалы совпадает с нижней частью режущей кромки.

Весы снегомера состоят из латунной рейки со шкалой (цена деления 5 г).

Цифры стоят около каждого десятого деления от 0 до 30. На рейке укреплены две призмы.

Одна призма служит опорой для крючка, на который подвешивают снегозаборник, а на вторую призму надевается подвес с кольцом, за которое держат весы при взвешивании.

Над второй призмой расположена стрелка.

По совпадению ее с риской на подвесе определяют положение равновесия.

Для уравновешивания весов служит передвижной груз с круглым отверстием.

Для отсчета по шкале на нижней стороне скошенного края отверстия нанесена риска.

Снегомер за 30 мин до наблюдений выносят из помещения, чтобы он принял температуру окружающего воздуха.

Для определения нулевого показания весов взвешивают пустой снегозаборник.

После этого снегозаборник режущей кромкой отвесно погружают в снег до тех пор, пока он не дойдет до почвы, и по шкале цилиндра измеряют высоту снежного покрова h.

Затем с одной стороны цилиндра лопаткой отгребают снег, подсовывают ее под режущий край, чтобы весь снег, находящийся в цилиндре, остался.

В таком положении цилиндр вынимают из снега, поворачивают крышкой вниз и взвешивают снегозаборник со снегом.

Отсчитав показания весов n1 определяют фактическое показание весов $n = n1 - n0$. Перед следующим измерением снегозаборник освобождают от снега и вновь определяют нулевое показание весов.

Расчет плотности снега производится по массе и объему его пробы.

По данным измерений весового снегомера можно определить запас воды в снеге.

Дополнительные расчеты в этом случае не производятся, так как весы и снегозаборник подобраны так, что запас воды взятой пробы снега соответствует числу делений на весах.

11.7. Измерение прямой солнечной радиации

Для измерений прямой солнечной радиации наибольшее распространение получил термоэлектрический актинометр М-3 (АТ-50) (рис.119).

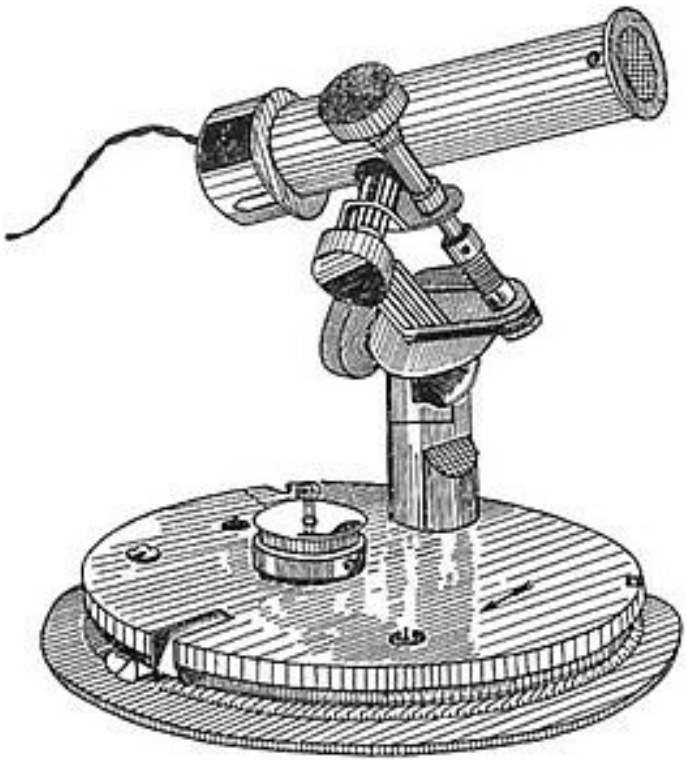


Рис. 119. Термоэлектрический актинометр М-3 (АТ-50)

Прибор состоит из массивного металлического основания, на которое крепится стойка, на стойке - рукоятка, винты и труба; с помощью винтов устанавливается склонение и широта, с помощью рукоятки производят нацеливание трубы на диск Солнца.

В трубе помещен приемник, семь диафрагм, на трубе - крышка, экран.

Приемником актинометра служит диск из серебряной фольги.

Со стороны, обращенной к солнцу, диск зачернен, а с другой стороны к нему подклеены через изоляционную бумажную прокладку внутренние спаи термозвездочки из манганина и константана.

Внешние спаи термозвездочки через изоляционную бумажную прокладку подклеены к медному диску, зажатому в массивном медном корпусе со скобами, к которым присоединены выводы термобатареи и мягкие провода.

Под воздействием поглощенной солнечной радиации температура зачерненного диска и активных спаев термопары повышается по сравнению с температурой пассивных спаев, укрепленных на корпусе и, следовательно, имеющих температуру наружного воздуха.

Возникающий термоэлектрический ток, пропорциональный разности температур активных и пассивных спаев, измеряется гальванометром.

Внутри трубки имеются диафрагмы, которые выделяют пучок солнечных лучей с углом 10° так, что зачерненный диск воспринимает радиацию от солнечного диска и околосолнечной зоны неба радиусом 5°.

Вначале ось штатива устанавливают по широте места наблюдений.

Для этого, ослабив винт, поворачивают ось штатива до совпадения деления шкалы, соответствующего данной широте, с риской и закрепляют ось в этом положении.

Затем актинометр устанавливают на горизонтальной подставке так, чтобы стрелка на плате была направлена на север.

Потом приемник ориентируют на солнце.

Достигается это ослаблением винта и вращением рукоятки до тех пор, пока пучок света через отверстие верхнего кольца не попадает на точку нижнего кольца.

Перед началом измерений определяется место нуля гальванометра.

После установки актинометра при открытой крышке и освобожденном арретире гальванометра его присоединяют к клеммам гальванометра (+) и (С), соблюдая полярность.

Если стрелка гальванометра отклоняется за нуль, провода меняют местами.

Измерения. За 1 мин до начала измерений проверяют наведение приемника актинометра на солнце.

После этого крышку закрывают и по гальванометру делают отсчет нулевого положения стрелки N'0.

Затем снимают крышку, проверяют точность нацеливания на солнце, три раза отсчитывают показания гальванометра с интервалом в 10 – 15 с (N1, N2, N3) и, закрыв крышку, через 1 – 2 мин еще раз отсчитывают нулевое положение стрелки гальванометра N''0.

После измерений прибор закрывают крышкой футляра.

11.8. Оценка составляющих радиационного баланса

Измерение суммарной, рассеянной и отраженной радиации

Суммарная радиация Q, рассеянная D и отраженная радиация R измеряются в России с помощью пиранометра Янишевского типа М-80М с приемником М-115 (рис. 120).

Рис.120. Пиранометр Янишевского

Принцип действия прибора такой же как у актинометра: солнечная радиация поступает на спаи термобатареи, возникает термоЭДС и термопоток, который прямо пропорционален интенсивности солнечного облучения, сила термопотока отсчитывается или регистрируется соответствующими устройствами.

Термоэлектрический пиранометр имеет приемник типа М-115, в котором под специальным полусферическим колпаком размещена квадратная термобатарея.

Полусферический колпак пропускает радиацию в диапазоне λ=0,33-3,00 мкм.

Он защищает от ветра и гидрометеоров.

Термобатарея состоит из последовательно спаянных манганиновых и константановых полос, положенных так, что спаи располагаются в середине и на поворотах.

С внешней стороны поверхность термобатареи покрыта сажей и магнезией.

Поля термобатареи окрашены в черный и белый цвета в шахматном порядке.

Четные спаи термобатареи окрашены в белый цвет, а нечетные - в черный.

Черные и белые участки чередуются в шахматном порядке.

Через изоляционную бумажную прокладку термобатарея прикреплена к ребрам плитки, привинченной к корпусу.

Для присоединения пиранометра к гальванометру выводы термобатареи подведены к клеммам, расположенным на нижней стороне корпуса.

Корпус с термобатареей и стеклянным колпаком составляет головку пиранометра, которая привинчена к стойке с откидной платой.

Для предохранения термобатареи и стеклянного колпака от возможной конденсации водяного пара внутри стойки имеется стеклянная сушилка с химическим поглотителем влаги (металлический натрий, силикагель и др.).

Откидная плата пружиной соединяется с треногой, которая укреплена на основании футляра и имеет два установочных винта.

При измерении рассеянной или суммарной радиации головку пиранометра устанавливают горизонтально по уровню вращением винтов.

Для затенения головки пиранометра от прямых солнечных лучей служит теневой экран, состоящий из стержня длиной 485 мм и прикрепленного к нему диска диаметром 85 мм, что обеспечивает закрытие 10° зоны небосвода.

При затенении приемника пиранометра теневым экраном измеряется рассеянная, а без затенения — суммарная радиация.

Для измерения отраженной радиации пиранометр опрокидывается головкой вниз.

К пиранометру придается металлическая крышка, которой закрывают приемник для определения нулевого показания стрелки гальванометра, а между сроками наблюдений - для защиты колпака от повреждений.

Прибор устанавливают на открытой площадке на высоте 1,5 м от поверхности участка.

Перед наблюдением проверяют наличие осушителя в стеклянной сушилке (1/3 сушилки должна быть заполнена осушителем).

Затем трубку с теневым экраном присоединяют к стержню.

К солнцу пиранометр поворачивают всегда одной и той же стороной, отмеченной номером на головке.

Для поворота головки пиранометра номером к солнцу винт слегка ослабляют, а после поворота опять закрепляют.

Горизонтальность термобатареи проверяют по уровню и в случае нарушения ее регулируют установочными винтами.

Гальванометр для измерения силы термотока устанавливают с северной стороны от пиранометра на таком расстоянии, чтобы наблюдатель при отсчетах не затенял пиранометр не только от прямых солнечных лучей, но и от участков небесного свода.

Правильность подключения пиранометра к гальванометру проверяют при снятой крышке пиранометра и освобожденном арретире гальванометра.

При отклонении стрелки за нуль шкалы провода меняют местами.

Непосредственно перед измерением проверяют правильность установки прибора по уровню и относительно солнца.

Для отсчета нулевого показания гальванометра головку пиранометра закрывают крышкой и записывают показания гальванометра N'0.

После этого крышку пиранометра снимают и делают серию отсчетов с интервалом 10 – 15 с.

Вначале измеряют рассеянную радиацию.

Для этого при затененном пиранометре делают три отсчета – N1, N2, N3.

Потом измеряют суммарную радиацию, для чего при незатененном положении (теневой экран опускают) делают также три отсчета – N4, N5, N6.

После этого головку закрывают крышкой и повторно отсчитывают место нуля N"0 стрелки гальванометра.

После измерений трубку с теневым экраном отвинчивают и пиранометр закрывают крышкой футляра.

Определение альбедо

Для измерения в походных условиях суммарной, рассеянной и отраженной радиации применяется походный альбедометр М-69 (рис. 121). На практике он используется главным образом для определения альбедо деятельной поверхности.

Рис. 121. Альбедометр

Приемником альбедометра служит головка пиранометра, привинченная на втулке к трубке с карданным подвесом и рукояткой.

Поворотом рукоятки на 180° приемник может быть обращен вверх для измерения приходящей коротковолновой радиации и вниз для измерения отраженной коротковолновой радиации.

Чтобы трубка была в отвесном положении, внутри нее на стержне скользит специальный груз, который при поворотах прибора всегда передвигается вниз.

Для смягчения ударов при повороте прибора на концах трубки подложены резиновые прокладки.

В разобранном виде головка, трубка и рукоятка крепятся на основании металлического футляра.

Перед наблюдением с основания футляра снимают головку, трубку, рукоятку и их свинчивают: головку привинчивают к трубке, а рукоятку – к карданному подвесу.

Для исключения радиации, которую может отражать сам наблюдатель, рукоятку насаживают на деревянный шест длиной около 2 м.

Альбедометр подсоединяют мягкими проводами к гальванометру на клеммы (+) и (С) при открытом приемнике и освобожденном арретире гальванометра.

Если стрелка гальванометра уходит за нуль, провода меняют местами.

Во время измерений на постоянном участке приемник альбедометра устанавливают на высоте 1 – 1,5 м над деятельной поверхностью, а на сельскохозяйственных полях – на расстоянии 0,5 м от верхнего уровня растительного покрова.

При измерении суммарной и рассеянной радиации головку альбедометра поворачивают номером к солнцу.

За 3 минуты до начала измерений отмечают место нуля стрелки гальванометра.

Для этого головку альбедометра закрывают металлической крышкой и отсчитывают показания гальванометра N0'.

Затем открывают крышку и для измерения суммарной радиации производят три отсчета по гальванометру при положении приемника альбедометра вверх – N1, N2, N3.

После третьего отсчета приемник поворачивают вниз и через 1 минуту производят три отсчета для измерения отраженной радиации – N4, N5, N6.

Потом приемник снова поворачивают вверх и через 1 минуту делают еще три отсчета для измерения суммарной радиации – N7, N8, N9.

После окончания серии отсчетов приемник закрывают крышкой и отсчитывают нулевое показание стрелки гальванометра N0".

Измерение радиационного баланса

Измерение радиационного баланса деятельной поверхности осуществляется балансомером термоэлектрического типа М-10М (конструкция Янишевского) (рис. 122).

Балансомер представляет собой диск (корпус балансомера) с двумя квадратными приемниками на противоположных сторонах и рукояткой.

Приемниками балансомера служат две зачерненные с внешней стороны медные пластинки, имеющие форму квадрата со сторонами мм.

Рис. 122. Балансомер Янишевского

При измерениях одна пластинка обращена вверх и на нее поступает суммарная коротковолновая радиация Q и длинноволновое излучение атмосферы Еа.

На другую пластинку, обращенную вниз, поступает отраженная коротковолновая радиация RK и излучение подстилающей поверхности Ез вместе с отраженной частью длинноволновой радиации RD.

С внутренней стороны медных пластинок через бумажные изоляционные прокладки приклеены спаи термобатарей.

Спаи образованы витками намотанной на медный брусок константановой ленты.

На половину каждого витка нанесен слой серебра.

Начало и к верхней, а нечетные – к нижней пластинке.

Вся термобатарея состоит из десяти брусков, на каждый из которых намотано 32 – 33 витка.

Балансомер с помощью шарнира устанавливается на планке.

К планке на шарнире присоединяется стержень с теневым экраном, который защищает приемник от прямых солнечных лучей.

При применении экрана, видимого из центра приемника под углом 10°, прямая радиации исключается из показаний балансомера, что повышает точность измерений, но в этом случае прямую радиацию необходимо измерять актинометром.

Для защиты приемника от осадков и пыли служит чехол, который закрепляется винтом.

Балансомер устанавливают горизонтально на высоте 1,5 м от земли.

Планку балансомера прикрепляют к концу деревянной рейки так, чтобы один и тот же приемник всегда был направлен вверх (эта сторона на корпусе отмечена цифрой.

Выводы из термобатареи подключают к гальванометру.

В большинстве случаев балансомер затеняют экраном от прямой солнечной радиации.

Поэтому на одной рейке с балансомером устанавливают актинометр для измерения прямой радиации.

Показания балансомера зависят от скорости ветра, так как с увеличением скорости ветра усиливается конвективный теплообмен за счет разности температур воздуха и каждой пластинки приемника.

Для учета влияния скорости ветра на уровне балансомера и небольшом расстоянии от него устанавливают анемометр или ветромер.

За 3 минуты до начала наблюдения определяют место нуля гальванометра N'0.

Делают это при разомкнутой цепи.

После этого балансомер подключают к гальванометру так, чтобы стрелка гальванометра отклонялась вправо, и производят три отсчета по нему (N1, N2, N3) и одновременно три отсчета по анемометру (v1, v2, v3).

Если балансомер установлен с теневым экраном, то после первого и второго отсчетов по балансомеру производят два отсчета по актинометру.

После отключения балансомера повторно отсчитывают нулевое показание стрелки гальванометра N"0.

Результаты измерений заносят в таблицу 9.4.

Измерение продолжительности солнечного сияния

Для регистрации продолжительности солнечного сияния, т.е. промежутков времени, в течение которых солнечный диск не закрыт облаками, служит гелиограф ГУ-1 (рис. 123).

Принцип действия гелиографа основан на прожигании бумажных лент солнечными лучами, собранными в фокусе стеклянного шара.

Основной частью гелиографа является стеклянный шар диаметром 98 мм, укрепленный в дугообразном держателе сферическими шайбами, винтом и контргайкой.

Рис. 123. Гелиограф ГУ-1

Основанием прибора является плоская металлическая плита с двумя стойками.

Между стойками на горизонтальной оси укреплена подвижная часть прибора, состоящая из колонки с лимбом и нижним упором, скобы с чашкой и верхним упором и стеклянного шара, который является сферической линзой.

На одном из концов горизонтальной оси закреплен сектор со шкалой широт.

При перемещении горизонтальной оси прибора с запада на восток и повороте верхней части прибора вокруг нее ось колонки устанавливается параллельно оси вращения Земли (оси мира).

Для закрепления установленного угла наклона оси колонки служит винт.

Верхняя часть прибора может поворачиваться вокруг оси колонки и фиксироваться в четырех определенных положениях.

Для этого используется специальный штифт, который вставляется через отверстие лимба в одно из четырех отверстий диска, закрепленного на оси.

Совпадение отверстий лимба и диска определяется по совпадению меток А, Б, В и Г на лимбе с индексом на диске.

Производство измерений по гелиографу заключается в ежедневной установке лент и определении суммарного за каждый час прожога на них.

Гелиограф устанавливают горизонтально на открытой площадке, доступной солнечным лучам в течение всего дня, на столбе высотой не менее 2 м или на крыше здания на прочной деревянной подставке. Горизонтальность подставки проверяется уровнем.

Перед укреплением прибора на подставке его устанавливают на заданную широту (по шкале широт) и по меридиану.

Для установки по широте места ослабляют винт, поворачивают верхнюю часть до совпадения заданной широты с указателем и фиксируют обратно винт.

Для ориентировки по меридиану его устанавливают на середину подставки шаром на юг (положение Б) и поворачивают основание так, чтобы фокус пучка солнечных лучей в момент истинного полдня находился на черточке чашки или полуденной линии ленты.

В таком положении основание прибора закрепляют тремя винтами.

В пазы чашки закладывают бумажные ленты соответственно времени года: в верхнюю пару пазов – зимой (с 16 октября до конца февраля), в среднюю – весной и осенью (с 1 марта по 15 апреля и с 1 сентября – по 15 октября), в нижнюю – летом (с 16 апреля по 31 августа).

В верхние и нижние пары пазов закладывают изогнутые, а в среднюю пару – прямые ленты.

В зависимости от времени года бумажную ленту закладывают в одну из пар пазов чашки.

В короткие дни, когда солнце находится над горизонтом не более 9 ч, ленту меняют после захода солнца один раз в сутки.

Шар в этом случае всегда повернут на юг (в положение Б).

При продолжительности дня от 9 до 18 ч ленту меняют два раза в сутки: первый раз после захода, второй – в 12 ч по среднему солнечному времени.

Одновременно со сменой лент меняют положение шара.

При вечерней смене лент шар поворачивают на восток (в положение А), а при смене в полдень – на запад (в положение В).

Если продолжительность дня от восхода до захода солнца превышает 18 ч, смену лент и поворот шара производят три раза в сутки – в 4, 12 и 20 ч по среднему солнечному времени.

При смене ленты и повороте шара в 4 ч указатель совмещают с индексом А, в 12 ч – с индексом В и в 20 ч – с индексом Г.

Во время смены лент шар гелиографа затеняют.

Ленту меняют, даже если на ней не оказывается следов прожога (пасмурные дни).

На обороте каждой ленты отмечают порядковый номер (начиная с 1-го числа каждого месяца), название метеостанции, год, месяц, дату, время в часах и минутах, когда лента была установлена и вынута.

Периодически необходимо следить за правильностью установки гелиографа относительно горизонтальной плоскости, полуденной линии, широты места наблюдений и содержать шар гелиографа в чистоте.

По мере надобности шар следует протирать мягкой полотняной тканью; если он покрыт изморозью или инеем, ткань надо смочить спиртом или авиационным бензином.

Продолжительность солнечного сияния определяют по прожогу лент гелиографа за каждый час в десятых долях часа, учитывая даже слабые следы прожога, и заносят в соответствующие таблицы.

Если прожог распространяется на все деление, записывают целый час, если на половину деления, записывают 0,5 ч.

Суммируя продолжительность солнечного сияния за каждый час, получают суточную продолжительность солнечного сияния.

Зная количество часов солнечного сияния за отдельные дни, можно определить продолжительность солнечного сияния за любой период (декаду, месяц, вегетационный период, год).

Темы докладов и сообщений

1. Солнечная радиация — главный источник энергии для климатических процессов.
2. Виды радиации, радиационный и тепловой баланс Земли.
3. Световой и ультрафиолетовый климат, их биологическое значение.
4. Инсоляция в градостроительстве: гигиенические нормы и методы расчёта.
5. Энергетическая оценка инсоляционного режима территорий и его связь с тепловым балансом человека.
6. Роль наблюдений в метеорологии.
7. Измерение солнечной радиации (актинометры, пиранометры).
8. Измерение температуры воздуха и почвы (термометры, термографы).
9. Измерение влажности воздуха и атмосферных осадков (психрометры, гигрометры, осадкомеры).
10. Измерение атмосферного давления и ветра (барометры, анемометры, флюгеры).
11. Наблюдение за облачностью.
12. Цели и задачи климатического районирования.
13. Физико-географическая (ландшафтная) зональность как основа.
14. Сравнительный анализ специализированных систем районирования
15. Основные факторы формирования мезоклимата города: «остров тепла», изменение влажности и осадков.

16. Влияние застройки, покрытий и зелёных насаждений на микроклимат (температурный и радиационный режим).

17. Аэрация городских территорий: задачи, модели трансформации воздушного потока.

18. Практические аспекты: строительно-климатический паспорт города и нормирование инсоляции.

Контрольные вопросы

1. Какие типы термометров используются в метеорологии и на каком физическом принципе основана их работа?

2. Как работает максимальный термометр и чем его устройство отличается от минимального термометра?

3. Опишите принцип работы психрометра и объясните, как с его помощью определяют влажность воздуха.

4. Что такое термограф и какой принцип лежит в основе его работы для непрерывной регистрации температуры?

5. Объясните принцип работы ртутного барометра и почему ртуть предпочтительнее воды в этом приборе?

6. Как работает анероид (барометр-анероид) и чем он отличается от ртутного барометра?

7. Что такое барограф и какой механизм позволяет ему регистрировать непрерывные изменения давления?

8. Какие существуют типы гигрометров и на каких физических принципах они основаны?

9. Опишите принцип работы волосного гигрометра. Почему человеческий волос используется в этом приборе?

10. Как работает конденсационный гигрометр (гигрометр точки росы) и как с его помощью определяют абсолютную влажность?

11. Объясните принцип работы чашечного анемометра для измерения скорости ветра.

12. Как работает крыльчатый (лопастной) анемометр и в каких случаях он применяется?

13. Что такое флюгер и как с его помощью определяют направление ветра?

14. Опишите устройство и принцип работы анеморумбометра (комплексного прибора для измерения ветра).

15. Как устроен дождемер (осадкомер) и по какому принципу измеряется количество жидких осадков?

16. Объясните конструкцию и принцип работы снегомера. Чем отличается измерение твердых осадков от жидких?

17. Что такое испаритель (испарительная установка) и как с его помощью определяют интенсивность испарения?

18. Какие метеорологические приборы относятся к самопишущим (регистрирующим) и какой общий принцип их работы?

19. Как работают современные автоматические метеорологические станции (АМС) и какие датчики они используют?

20. Опишите принцип работы грозопеленгатора и как он определяет местоположение грозовых разрядов?

Глава 12. ОРГАНИЗАЦИЯ И РАБОТА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОСТОВ

Главными задачами «Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» являются следующие:

1. Организация деятельности государственной системы наблюдений (измерений) и мониторинга за состоянием окружающей среды;

2. Обеспечение народного хозяйства информацией о текущем и ожидаемом состоянии окружающей среды, обеспечение прогнозами возникновения опасных явлений;

3. Контроль над соблюдением норм и правил охраны чистоты воздушного бассейна и вод, включая контроль источников выбросов, контроль за транстерриториальным переносом загрязнений;

4. Учет вод и ведение водного кадастра;

5. Создание банка (фонда) данных о состоянии окружающей среды.

Для решения этих задач организации Федеральной службы выполняют работы следующего характера:

1. Осуществление на гидрометеорологических и геофизических станциях и постах, в экспедициях, на научно-исследовательских судах с помощью ИСЗ и авиационных носителей наблюдений:

а) за состоянием атмосферы,

б) за состоянием вод рек, морей и океанов,

в) за состоянием сельскохозяйственных культур,

г) за состоянием и уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почвы, вод,

д) за радиационной обстановкой,

е) состоянием ионосферы и магнитного поля Земли.

2. Сбор, анализ, обобщение и распространение результатов наблюдений и измерений.

3. Составление различных прогнозов погоды, прогнозов гидрологических условий, на реках, озерах, водохранилищах, морях и океанах, прогнозов состояния сельскохозяйственных культур, пастбищ, прогнозов уровня загрязнения воздуха, воды, почвы, прогнозов состояния ионосферы, радиационной обстановки, в том числе и в околоземном космическом пространстве.

4. Составление и издание научно-прикладных справочников о климатических, агроклиматических и водных ресурсах России, справочников о гидрометеорологическом режиме морей и океанов, о параметрах загрязнения окружающей среды.

5. Разработка норм предельных выбросов загрязняющих веществ для предприятий.

6. Осуществление государственного учета количества и качества вод.

7. Проведение научных исследований и опытно-конструкторских разработок по исследованию атмосферы, вод и загрязнения окружающей среды и по созданию технических средств измерения и обработки данных.

8. Разработка методов активных воздействий на гидрометеорологические процессы и их внедрение.

9. Осуществление централизованного сбора, учета, хранения и выдачи материалов гидрометеорологических и геофизических измерений (наблюдений).

Основной метод исследования в метеорологии – метод наблюдений, т.е. измерение и качественная оценка метеорологических величин, характеризующих физическое состояние атмосферы и подстилающей поверхности (воды, суши), оказывающей большое влияние на развитие атмосферных процессов.

Для измерения метеорологических величин создана сеть метеорологических станций и постов, оснащенных соответствующими приборами и установками.

Важным источником метеорологической информации служат наблюдения, осуществляемые с помощью автоматических, телеметрических и радиометрических станций, авиации и искусственных спутников Земли.

В зависимости от объема выполняемой работы метеорологические станции подразделяются на разряды (I, II, III), а по содержанию работы - на основные и специальные.

К специальным относятся станции и посты, обслуживающие определенные отрасли народного хозяйства.

На метеорологических станциях и постах производят наблюдения за основными и дополнительными метеорологическими величинами: температурой, влажностью, давлением, скоростью и направлением ветра и др.

Данные наблюдений метеорологических станций представляют научную и практическую ценность, только в том случае, если они сравнимы между собой.

Для обеспечения этого условия все метеорологические станции ведут наблюдения по специальным наставлениям и инструкциям, по однотипным приборам и в определенное время.

Метеорологическая площадка

Наблюдения за большинством метеорологических величин проводятся на метеорологической площадке. Для сравнимости наблюдений очень важно выбрать место для метеорологической площадки и правильно разместить приборы.

Метеорологическую площадку располагают на ровном открытом горизонтальном участке, типичном для района, чтобы полученные данные наблюдений характеризовали окружающую территорию. Метеорологическая площадка должна иметь форму прямоугольника, стороны которого должны быть направлены с севера на юг и с запада на восток.

Стандартная площадка имеет размер 26х26 м (допускаются минимальные размеры 20х16 м), площадка станции, ведущей актинометрические наблюдения, – 26*36 м (длинными сторонами ориентируется с севера на юг).

Площадка должна быть огорожена для сохранения естественной поверхности, а также для сохранности установленного на ней оборудования.

Ограда должна обеспечивать хорошую естественную вентиляцию любого места на площадке. Рекомендуется стандартная ограда из проволочной сетки с ячейками размером 10х10 см, натянутой на металлические рамы.

Рамы укрепляются на металлических трубах, либо на железобетонных или деревянных столбах высотой 1,2-1,5 м над поверхностью земли. С северной стороны для входа делают калитку. Ограда площадки, подставки, будки, столбы, мачты и другое вспомогательное

оборудование окрашивается в белый цвет для предохранения их от излишнего перегрева прямыми солнечными лучами.

Размеры площадки зависят от количества аппаратуры и объема работы станции.

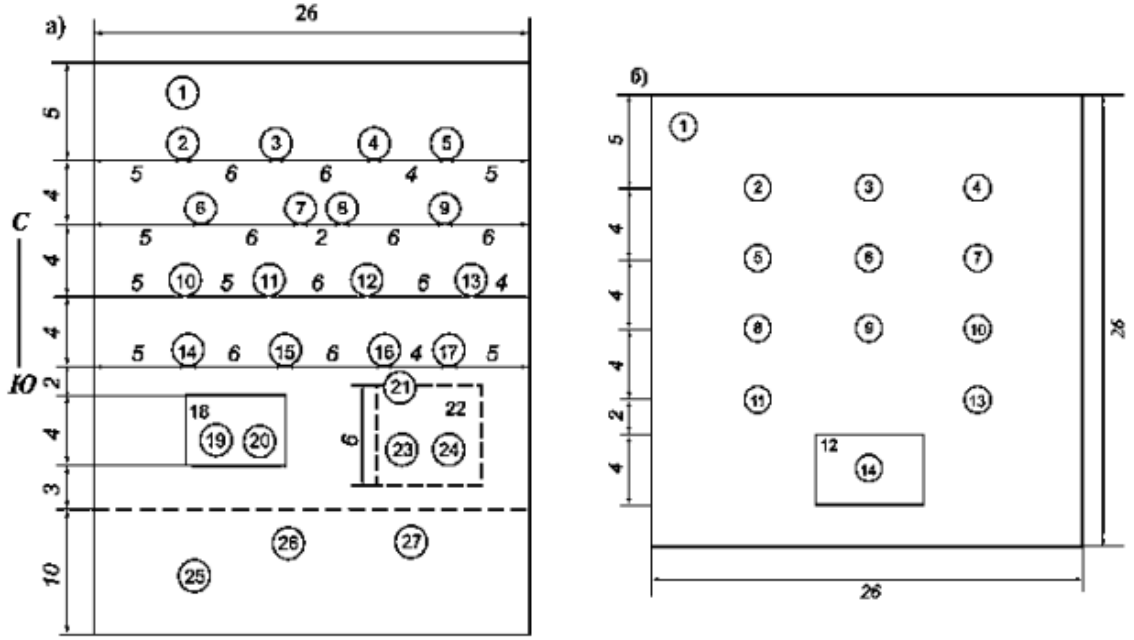


Рис. 145. План размещения оборудования и приборов на метеорологической площадке

а — полная программа наблюдений:

1 — геодезический репер станции;

2 — флюгер с легкой доской;

3 — датчик анеморумбометра (анеморумбографа);

4 — флюгер с тяжелой доской;

5 — гололедный станок;

6 — будка психрометрическая;

7 — снегомерная рейка;

8 — будка психрометрическая запасная;

9 — будка для самописцев;

10 — прибор для измерения МДВ (например, установка М-53);

11 — осадкомер;

12 — плювиограф;

13 — запасной столб осадкомера (для установки при снежном покрове);

14 — снегомерная рейка;

15 — гелиограф;

16 — ледоскоп;

17 — росограф;

18 — оголенный участок для установки напочвенных (19) и коленчатых термометров Савинова (20);

21 — снегомерная рейка;

22 — участок с естественным растительным покровом для установки почвенно-глубинных термометров (23) и мерзлотомера (24);

25 — установка для измерения вертикальных градиентов температуры и влажности воздуха;

26 — установка для измерения изменчивости скорости ветра с высотой;

27 — актинометрическая установка (стойка с приборами);

б — сокращенная программа наблюдений:

1 — геодезический репер станции;

2 — флюгер с легкой (тяжелой) доской;

3 — анеморумбометр;

4 — гололедный станок;

5 — будка психрометрическая;

6 — снегомерная рейка;

7 — будка психрометрическая запасная;

8 — осадкомер;

9 — плювиограф;

10 — запасной столб для осадкомера;

11, 13 — снегомерные рейки;

12 — оголенный участок для напочвенных термометров;

14 — напочвенные термометры.

Приборы на метеорологической площадке устанавливают в определенном порядке, чтобы они не затеняли друг друга и не препятствовали свободному обмену воздуха.

Расстояние между приборами и от ограды до приборов должно быть 4 – 6 м.

С северной стороны площадки размещают более высокие установки: флюгер с легкой доской или анеморумбометр, флюгер с тяжелой доской и гололедный станок.

В виде исключения на некоторых метеорологических станциях флюгер устанавливают на крыше здания. В южной части площадки выделяют участки: с естественным покровом и оголенный для почвенных термометров.

На участке с естественным покровом устанавливают также мерзлотометр и снегомерные рейки. В средней части площадки размещают психрометрическую будку, будку для самописцев, осадкомер, плювиограф. Актинометрические приборы устанавливают в южной части площадки.

Все другие приборы и установки размещают на свободных местах, предпочтительно на северной стороне площадки. Для сохранения естественного покрова на метеорологической площадке хождение допускается по дорожкам шириной 40 – 50 см. Их прокладывают так, чтобы наблюдатель мог подходить к приборам с северной стороны и затрачивать меньше времени на переходы от одной установки к другой.

Зимой при равномерном залегании снежного покрова дорожки не рекомендуется очищать от снега. Летом высота растительного покрова на площадке не должна превышать 20 см. Скошенную траву надо немедленно убрать с площадки.

Некоторые метеорологические наблюдения проводят за пределами площадки. Например, снегомерные съемки проводят по заранее установленному маршруту, атмосферное давление измеряют в служебных помещениях метеорологических станций.

В служебных помещениях устанавливаются измерительные пульты дистанционных приборов.

Сроки и порядок наблюдений

Для обеспечения сравнимости и однородности результатов наблюдений метеорологических станций необходимо строго соблюдать сроки и порядок наблюдений.

С 1 января 1966 г. наблюдения на всех метеорологических станциях проводят синхронно восемь раз в сутки в 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 ч по гринвичскому времени.

Исключение составляют актинометрические наблюдения. Их проводят по среднему солнечному времени в 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 15 ч 30 мин и 18 ч 30 мин.

Во все сроки измеряют температуру воздуха и почвы, влажность воздуха, скорость ветра и его направление, метеорологическую дальность видимости, атмосферное давление, определяют характеристики облачности. Другие величины, не имеющие хорошо выраженного суточного хода, определяют не во все сроки и даже между сроками. Так, состояние поверхности почвы и осадки определяют два раза в сутки в сроки, ближайшие к 8 и 20 ч местного времени пояса, в котором расположена станция.

Высоту снежного покрова, глубину промерзания почвы измеряют один раз в утренний срок, ближайший к 08 ч декретного времени данного пояса.

Снегомерные съемки производят один раз в 10 дней, а весной перед началом и в период таяния снега – один раз в 5 дней. Испарение измеряют один раз в 5 дней, влажность почвы – один раз в 10 дней (на 8-й день 30 декады).

Ленты термографа, гигрографа, барографа меняют в срок, ближайший к 13 ч, а плювиографа – к 20 ч местного времени. За начало суток на каждой станции принимают единый срок, ближайший к 20 ч, а за первый срок наблюдений – срок, ближайший к 23 ч местного времени. Так как произвести измерения всеми приборами точно в срок наблюдений нельзя, принято при восьмисрочных наблюдениях температуру и влажность воздуха измерять за 10 мин, а давление воздуха – за 2 мин до срочного часа.

Все остальные измерения начинают за 30 мин до срока и заканчивают после срока. Общая продолжительность наблюдений составляет 30 – 40 мин.

Основные требования к метеорологическим наблюдениям:

1. Репрезентативность наблюдений;
2. Однородность ряда;
3. Сравнимость наблюдений (измерений);
4. Синхронность измерений;
5. Единство методов наблюдений.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ

Практическая работа № 1
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

Приборы:

1. психрометрический,
2. минимальный и максимальный термометры,
3. термограф.

Место выполнения: метеоплощадка.

Одним из важных факторов жизнедеятельности растений является температура воздуха и почвы. Рост и развитие растений протекает только в определенном диапазоне температуры для каждого растения и каждого периода их жизни. Для правильного использования термических ресурсов в сельском хозяйстве и своевременного проведения многих агротехнических мероприятий необходимо вести наблюдения за температурой воздуха и почвы.

Для измерения температуры воздуха применяются следующие виды термометров:

1) жидкостные (психрометрический, максимальные и минимальные термометры), действие которых основано на изменении объема жидкости в зависимости от температуры;

2) деформационные термометры (термограф, термометр-щуп АМ-15), действие которых основано на изменении линейных размеров твердых тел-приемников тепла в зависимости от температуры;

3) термометры сопротивления (электротермометр АМ-2М), действие которых основано на изменении сопротивления проводника, от температуры.

Психрометрический термометр используется для измерения температуры воздуха в момент наблюдения. Термометрической жидкостью является ртуть. Термометр устанавливается в психрометрической будке в вертикальном положении. Цена деления шкалы 0,2°С.

Максимальный термометр служит для измерения наивысшей температуры за какой-либо промежуток времени. Термометрической жидкостью является ртуть. Цена деления шкалы 0,5°С. Устанавливается в психрометрической будке в положении, близком к горизонтальному.

Рис. 124. Психрометрический термометр и максимальные и минимальные термометры

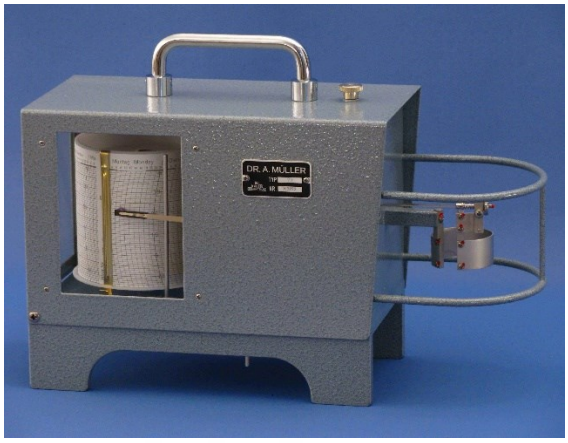


Рис. 125. Деформационные термометры (термограф, термометр-щуп АМ-15)

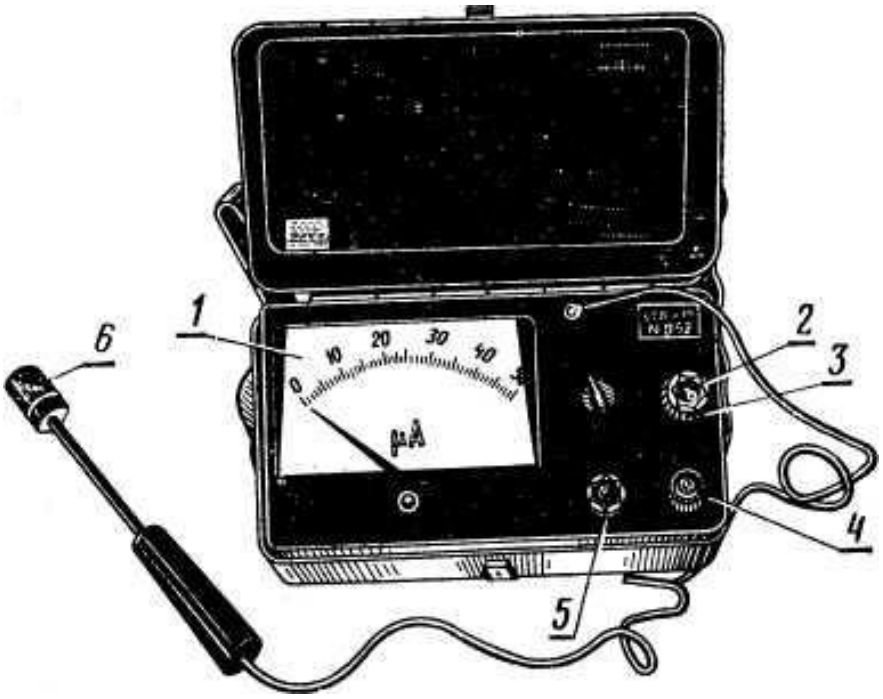


Рис. 126. Термометры сопротивления (электротермометр АМ-2М)

Показания максимальных значений температуры сохраняются благодаря сужению капилляра, которое достигается наличием впаянного в резервуар штифта или изгиба в начале капилляра. Благодаря такому устройству столбик ртути сохраняет максимальное показание за период наблюдений.

Для подготовки к следующему отсчету максимальный термометр необходимо встряхнуть, после чего показания термометра будут близки к показаниям срочного термометра.

Минимальный термометр служит для измерения самой низкой температуры воздуха между двумя очередными сроками наблюдений. Цена деления 0,5°С.

Минимальный термометр устанавливается горизонтально в психрометрической будке. Особенность устройства минимального термометра заключается в том, что в капилляре его находится стеклянный штифт с небольшими утолщениями на концах.

Штифт в термометре устанавливается у мениска спирта. Если температура повышается, то спирт, расширяясь, свободно обтекает штифт, показывая срочную температуру.

При понижении температуры спирт сжимается, поверхностная пленка перемещается в сторону резервуара, двигая за собой штифт. При новом повышении температуры штифт остается на месте.

Положение конца штифта, ближайшего к мениску спирта, указывает по шкале минимальную температуру, а мениск спирта-температуру в момент измерения-

После отсчета минимальный термометр приводят в рабочее положение. С этой целью термометр располагают вертикально, резервуаром вверх для совмещения штифта с мениском спирта.

Термограф применяется для непрерывной записи температуры воздуха. Его приемником служит биметаллическая пластинка, кривизна которой меняется в зависимости от температуры. Изменения кривизны пластинки передаются на стрелку с пером, которое чертит линию на бумажной ленте, надетой на барабан, вращаемый часовым механизмом.

Для измерения температуры листьев и других органов растения применяют электротермометры, приемной частью которых являются иглы или микрошарики.

Порядок выполнения работы

1. Составьте краткое описание основных термометров. Зарисуйте максимальный и минимальный термометры. Укажите их цену деления.

2. На метеоплощадке произведите отсчеты по термометрам. Данные первого отсчета покажите преподавателю или лаборанту и приступите к повторному отсчету.

3. Приведите термометры в рабочее состояние (табл.25).

Таблица 25

Таблица результатов измерений

Термометры	1 измерение			2 измерение		
	отсчет (град)	по правка (град.)	исправленный отсчет (град.)	отсчет (град.)	по правка (град.)	исправленный отсчет (град)
Психрометрический (срочный) Максимальный						
а) до встряхивания						
б) после встряхивания						
Минимальный а) спирт						
б) штифт						

Контрольные вопросы

1. В каких агротехнических мероприятиях учитываются температурные условия воздуха и почвы?
2. Какими термометрами можно измерить температуру воздуха?
3. Как устроен максимальный термометр и как он устанавливается?
4. Объясните устройство минимального термометра. Каков принцип его действия?
5. Для чего предназначен термограф и каков принцип его действия?

Ситуационные задачи

Задача 1

При анализе многолетнего ряда температур с метеостанции, расположенной на окраине города, обнаружен устойчивый тренд на потепление, значительно превышающий тренды на соседних сельских станциях. Объясните, может ли это быть следствием антропогенного изменения климата или это влияние другого фактора? Как проверить вашу гипотезу?

Задача 2

Метеостанцию перенесли из центра небольшого города на новое место на аэродроме в 5 км от города. В архиве климатических данных это не было должным образом отмечено. Как это скажется на анализе климатического тренда для данного региона и как можно скорректировать этот разрыв в данных?

Задача 3

Для изучения эффекта городского острова тепла нужно сравнить температуру в центре мегаполиса и в сельской местности. Куда именно нужно поместить датчик в городе, чтобы данные были репрезентативны для фонового городского климата, а не микроклимата конкретного здания?

Задача 4

Метеостанция 50 лет назад была окружена полем. Сейчас поле заросло лесом. Как это повлияло на ряд измерений температуры воздуха и почему? О чем важно помнить, анализируя такие многолетние данные?

Задача 5

Спутниковый прибор измеряет температуру поверхности земли (LST) ночью. Его данные для сельской местности систематически на 2-3°C ниже, чем данные приземной метеостанции о температуре воздуха на высоте 2 м. Является ли это ошибкой спутника? Объясните физическую причину расхождения.

Задача 6

В СМИ сообщили, что в одном из городов был зафиксирован абсолютный рекорд температуры +39.0°C. Однако датчик был установлен на асфальтированной парковке. Можно ли считать это значение репрезентативным для внесения в климатический справочник? Почему?

Задача 7

Среднесуточная температура 15 января на станции составила -5.5°C. Климатическая норма для этого дня составляет -7.0°C. Можно ли на основании этого одного дня сделать вывод об аномально теплой зиме? Что необходимо рассчитать для корректной оценки аномалии?

Задача 8

Метеостанции в Альпах установлены на разных высотах. Как сравнить их температурные ряды между собой и с равнинными станциями для выявления общерегионального климатического тренда, исключив влияние высоты?

Задача 9

При работе с архивом данных начала XX века вы видите, что температура измерялась в будке, установленной на северной стене здания. Как это могло систематически искажать измерения и в какую сторону?

Задача 10

На станции заменили ртутный термометр на электронный датчик. Новый датчик имеет другую инерционность и время отклика. Может ли это искусственно создать ложный скачок в температуре в момент замены прибора? Как избежать этой проблемы?

Задача 11

Абсолютный минимум температуры для станции составляет -41°C, зафиксированный в 1960-х годах. С тех пор таких морозов не было. Означает ли это, что климат стал менее суровым, если средние зимние температуры за этот период выросли всего на 1.5°C?

Задача 12

В ясную ночь минимальная температура составила -5°C. В пасмурную ночь при той же дневной температуре минимум был -1°C. Объясните, почему облачность влияет на ночное выхолаживание и как это учитывается в климатических моделях.

Задача 13

Во время сильного ливня термометр в будке показал +10°C. Можно ли считать это значение температурой воздуха? Почему данные, полученные во время выпадения осадков, требуют особого внимания при климатическом анализе?

Задача 14

Климатолог анализирует тренды не среднесуточных, а ежечасных температур. Какое дополнительное понимание динамики климата это может дать по сравнению с анализом только средних значений?

Задача 15

На островной станции дуют постоянные сильные ветры. Как это влияет на суточный ход температуры по сравнению с континентальной станцией в тех же широтах? Какой из параметров (среднесуточная, максимальная или минимальная температура) будет затронут больше?

Задача 16

Ученые реконструируют температуры прошлого по ширине годичных колец деревьев. Какой параметр температуры (среднегодовая, летняя, зимняя) лучше коррелирует с приростом древесины в бореальных лесах и почему?

Задача 17

При оценке влияния жары на здоровье населения важнее знать максимальную дневную температуру или минимальную ночную? Обоснуйте ответ с климатологической точки зрения.

Задача 18

Для агроклиматического районирования важны суммы активных температур (>+10°C). Можно ли точно рассчитать эту сумму, если в архиве есть только данные о среднесуточных температурах? Какая возникнет погрешность?

Задача 19

При анализе длинного ряда температур с 1900 по 2020 год климатологи проводят его "гомогенизацию". Что это за процедура и для чего

она нужна? Приведите пример одной неоднородности (разрыва), которую она исправляет.

Задача 20

Согласно климатической модели, к 2050 году среднегодовая температура в регионе вырастет на 2°C. Означает ли это, что абсолютный максимум температуры тоже вырастет ровно на 2°C? Объясните, почему экстремальные значения могут меняться иначе, чем средние.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

На психрометре Августа в 12:00 температура сухого термометра составила +24°C, а смоченного - +18°C. По психрометрическим таблицам вы определили относительную влажность. Как изменится точность определения влажности, если смоченный термометр не был обернут чистым батистом? К каким ошибкам в климатической характеристике влажности региона это может привести?

Задача 2

Термограф, регистрирующий суточный ход температуры, дал сбой: перо зацепилось и в течение 6 часов чертило прямую линию. Как можно восстановить пропущенные данные о температуре для климатической обработки, используя данные соседних метеостанций и зная тип погоды в этот день?

Задача 3

Наблюдатель, снимая показания максимального термометра, случайно встряхнул его не после снятия, а до. Какое значение он запишет в журнал и как эта ошибка повлияет на значение абсолютного максимума температуры за месяц?

Задача 4

Минимальный термометр, установленный в будке, показал значение +2°C. Однако на травяном покрове был замечен иней. Объясните это несоответствие с точки зрения физики измерений и микроклимата. Где температура могла быть ниже?

Задача 5

При сильном ветре (более 8 м/с) показания смоченного термометра психрометра стали почти равны показаниям сухого. Почему это происходит? Будет ли рассчитанный дефицит влажности в этот момент достоверным для климатических расчетов?

Задача 6

Климатолог использует термометр-щуп АМ-15 для измерения температуры в толще снежного покрова. В безветренный солнечный день температура на поверхности снега составила -1°С, а на глубине 20 см - постоянно -5°С. Объясните, почему эти данные важны для оценки теплозащитных свойств снега и риска вымерзания озимых культур.

Задача 7

Во время комплексной климатологической экспедиции в горной местности используется электротермометр АМ-2М для измерения температуры на разных склонах. На южном склоне в 14:00 зафиксировано +22°С, на северном в то же время - +15°С. Как эта разница влияет на формирование местного климата (экспозиционные различия) и структуру высотной поясности?

Задача 8

При поверке электротермометра АМ-2М его показания сравнивают с эталонным ртутным термометром в одинаковых условиях. Электротермометр стабильно показывает на 0.3°С выше. Можно ли его использовать для климатических наблюдений? Как поступить с уже собранными этим прибором данными за предыдущий месяц?

Задача 9

На ленте термографа зафиксирован не плавный подъем температуры днем, а резкий, почти вертикальный скачок на 7°С за 20 минут в ночное время. О каком атмосферном процессе свидетельствует эта запись? Как такие резкие изменения влияют на климатические нормы?

Задача 10

Минимальный термометр (спиртовой) в сильный мороз (-40°С) показал значение -35°С и больше не изменялся. Предположите причину. К каким ошибкам в расчете среднемесячной температуры и климатических экстремумов для заполярных станций это может привести?

Задача 11

При замене батиста на смоченном термометре психрометра использовалась плотная хлопковая ткань. Как это повлияет на точность определения влажности воздуха и, как следствие, на расчет таких климатических показателей, как коэффициент увлажнения?

Задача 12

Термограф был установлен в центре города и на его окраине. Ночью разница в температурах между двумя лентами достигала 4°С. Как

визуально будет отличаться суточный ход температуры на этих термограммах? Как этот эффект влияет на репрезентативность данных единственной метеостанции для крупного города?

Задача 13

В день с сплошной облачностью и моросящим дождем максимальный термометр показал ту же температуру, что и сухой термометр психрометра в 13:00. О чем это говорит? Как такие дни влияют на величину месячной амплитуды температуры?

Задача 14

Гляциолог с помощью электротермометра АМ-2М измеряет температуру воздуха на поверхности ледника и в нескольких метрах над ним. Почему для изучения таяния ледника важны оба этих значения? Какое из них будет ниже и почему?

Задача 15

Перед установкой в будку минимальный термометр проверяют, наклоняя его, чтобы столбик спирта переместился. Если столбик спирта разделился на несколько частей с пузырьками воздуха, можно ли использовать такой термометр для получения климатических данных? К чему это приведет?

Задача 16

Термограф установили под пологом густого леса для изучения лесного микроклимата. Как будут выглядеть его суточные термограммы по сравнению с термограммами с открытой метеоплощадки? (Сравните амплитуду, время наступления max и min температуры).

Задача 17

Во время сильной засухи наблюдатель забыл долить воду в психрометрический сосуд. Смоченный термометр высох. Какие ошибочные выводы о влажности воздуха в этот день могут попасть в климатический ежегодник?

Задача 18

Датчик электротермометра АМ-2М ненадолго оказался на прямом солнце и показал скачок до +50°C, хотя в будке было +25°C. Почему даже кратковременное нарушение правил установки делает данные непригодными для климатологии?

Задача 19

Метеостанция в 1985 году перешла с использования ртутных термометров на электротермометр АМ-2М. При анализе многолетнего

ряда температур в 1985 году виден небольшой скачок. Является ли это следствием изменения климата или это методический артефакт? Как проверить?

Задача 20

В архиве нашли журналы наблюдений XIX века, где температура измерялась термометром, установленным просто на северной стене здания. Можно ли использовать эти данные для анализа долгосрочных климатических трендов? Если да, то как их скорректировать?

Практическая работа № 2
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ

Приборы:

1. вытяжные термометры,
2. коленчатые термометры,
3. максимальный термометр,
4. минимальный термометр
5. срочный термометр,
6. термометр-щуп.

Место выполнения: метеоплощадка.

Одним из важных факторов жизнедеятельности растений является температура почвы.

Температура почвы - это показатель теплового режима почвы, который характеризует её тепловое состояние.

Температура почвы может относиться к разным слоям почвы:

Температура поверхности - температура верхнего слоя (толщиной несколько миллиметров), свободного от растительного покрова, хорошо взрыхлённого и не затеняемого от солнца.

Температура почвы на глубинах (почвенных горизонтах) - определяется показаниями термометров и других датчиков, установленных на определённых глубинах.

Для температуры почвенного профиля характерна суточная и годовая периодичность.

Годовой ход - характеризуется проявлением двух периодов: летнего с потоком тепла от верхних горизонтов к нижним (период нагревания почвы) и зимнего

В большой степени от температуры зависят:

1. прорастание семян,
2. развитие корневой системы,
3. развитие почвенной микрофлоры,
4. интенсивность разложения органических веществ,
5. всасывающая способность корней.

Наибольший интерес к температуре почвы агроном проявляет в предпосевной период и после посева до появления всходов растений, так как заделка семян в почву с учетом оптимальной температуры способствует появлению дружных всходов.

Очень важно следить за температурой почвы и в период возможных заморозков.

Измерение температуры поверхности почвы

Для измерения температуры поверхности почвы применяются срочный, максимальный и минимальный термометры.

Срочный термометр показывает текущую температуру воздуха. Он представляет собой ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром и вставной шкалой. Устанавливается в вертикальном положении.

Максимальный термометр служит для измерения наивысшей температуры за время между срочными наблюдениями.

Это также ртутный термометр, в дно резервуара которого впаян стеклянный конический стержень, верхним узким концом входящий в капилляр.

В начале капилляра образуется сужение, препятствующее свободному передвижению ртути из капилляра в резервуар. Когда температура повышается, ртуть под действием теплового расширения проталкивается через сужение из резервуара в капилляр.

При понижении температуры ртуть из капилляра обратно не проходит, так как силы сцепления между частицами ртути не в состоянии преодолеть силы трения в суженной части термометра, и в этом месте происходит разрыв ртути.

Оставшийся в капилляре столбик ртути будет указывать максимальную температуру за определённый промежуток времени.

Для того чтобы ртуть ушла обратно в резервуар, термометр встряхивают несколько раз сильными, но плавными движениями руки.

Минимальный термометр служит для измерения самой низкой температуры между сроками наблюдений. Это спиртовой термометр, в

капилляре которого внутри спирта помещён небольшой тонкий стеклянный штифтик с утолщёнными тупыми концами.

Когда температура поднимается, то спирт, отодвигаясь к резервуару, тянет за собой и штифтик, который не может выйти из спирта.

Если температура вновь начинает подниматься, то спирт снова проходит мимо штифтика, не сдвигая его с места.

Таким образом при наблюдении по положению конца штифтика, находящегося дальше от резервуара, можно определить, какая наименьшая температура была в течение периода между двумя наблюдениями.

После отсчёта термометр переворачивают резервуаром вверх и ждут, пока штифтик дойдёт до мениска спирта. Затем термометр вновь устанавливают в горизонтальном положении.

Эти термометры устанавливаются на открытой площадке размером 4 х 6 м. Травяной покров с площадки удаляется, а почва взрыхляется.

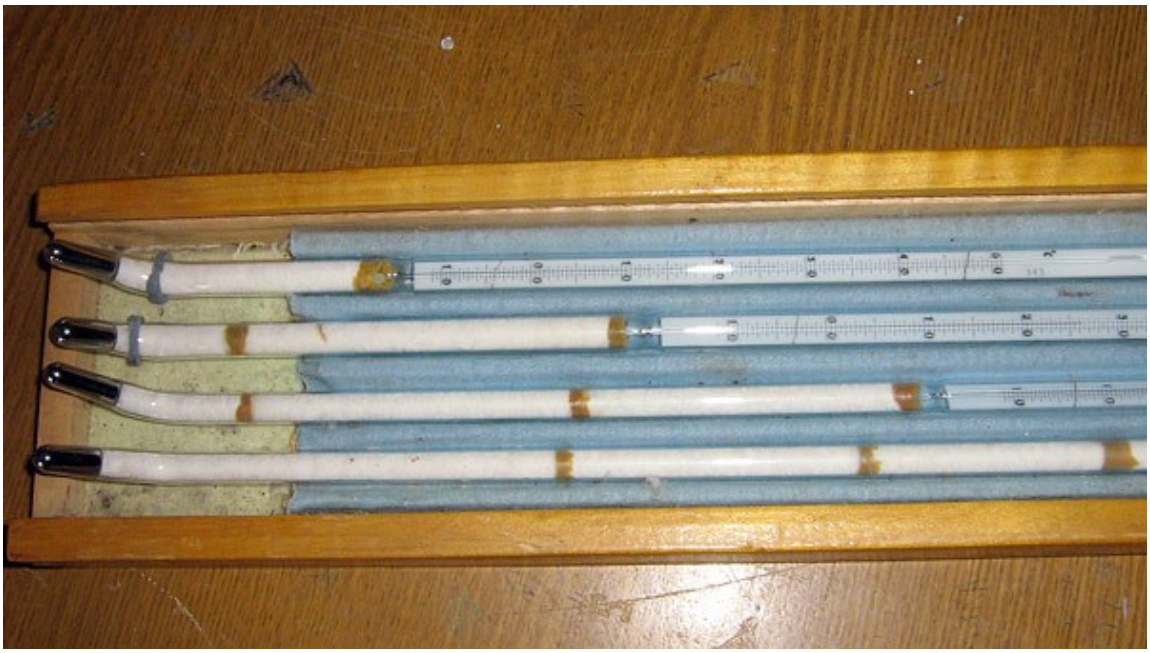


Рис. 127. Термометры для измерения температуры почвы

Все три термометра размещают в середине площадки горизонтально, резервуарами на восток, на расстоянии 10-15 см друг от друга в небольших углублениях, сделанных легким вдавливанием термометров в почву.

Резервуары должны плотно прилегать к почве. При наличии снежного покрова все три термометра тщательно помещают на поверхности снега.

Отсчеты по термометрам производятся с точностью до 0,1° (цена деления термометров 0,5°С). После отсчета максимальный термометр встряхивают и, записав показания после встряхивания, кладут на место.

По минимальному термометру отсчет берут по мениску спирта (фактическая срочная температура) и штифту (минимальная температура).

На показание термометров влияет солнце, температура воздуха, осадки, роса и др. Значительно точнее можно измерить температуру поверхности почвы электротермометром АМ-2М.

Действие этого прибора основано на свойстве металлических проводников или полупроводников, изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры.

Электротермометр состоит из двух основных частей: датчика и пульта. Датчиком является проволочная катушка, заключенная в кожух.

Датчик с помощью кабеля соединяется с пультом. Пульт состоит из измерительного моста и микроамперметра, по шкале которого измеряется температура определенного слоя почвы. В комплект электротермометра входит 10 датчиков.

Электротермометрами удобно измерять температуру на глубине залегания узла кущения озимых культур (3-4 см). При этом датчики устанавливаются до замерзания почвы.

Измерение температуры почвы на различных глубинах

Для этой цели служат коленчатые термометры Савинова, вытяжные, термометры-щупы и электротермометры.

Термометры Савинова (коленчатые) применяются для измерения температуры пахотного слоя почвы и устанавливаются на глубинах 5, 10, 15 и 20 см.

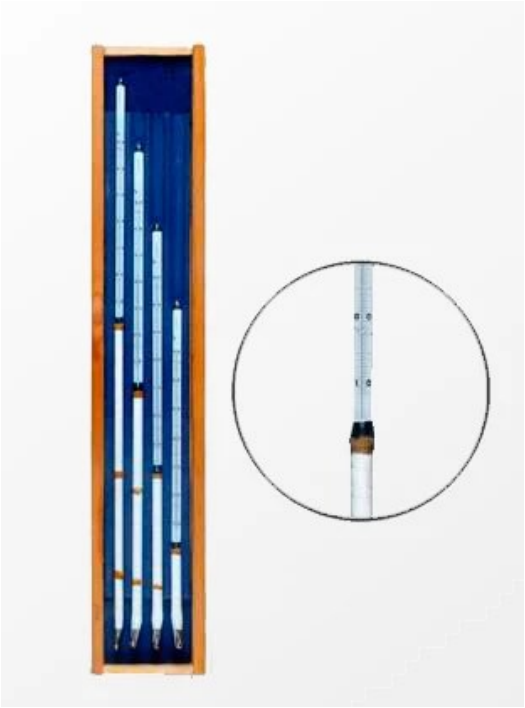


Рис. 128. Термометры Савинова (коленчатые)

Термометры Савинова (коленчатые) – это ртутные термометры с ценой деления 0,5°.

Цилиндрический резервуар для более точного измерения на заданной глубине изогнут по отношению к капилляру под углом 135°. От резервуара до начала шкалы термометр имеет термоизоляцию, состоящую из золы и ваты.

Термоизоляция необходима для того, чтобы температура вышележащих слоев почвы не влияла на показания термометра.

Устанавливаются коленчатые термометры на той же площадке, что и термометры для измерения температуры поверхности почвы.

Наблюдения по термометрам Савинова производятся только в теплое время года.

Походный почвенный термометр-щуп АМ-6 служит для измерения температуры пахотного слоя почвы в полевых условиях на глубине от 5 до 50 см.

Рис. 129. Походный почвенный термометр-щуп АМ-6

Походный почвенный термометр-щуп АМ-6 состоит из спиртового термометра с ценой деления 0,5°, металлической оправы и наконечника.

Для увеличения тепловой инерции термометра его резервуар обложен медными опилками.

Для отсчета температуры в верхней части оправы сделан продольный вырез, защищенный органическим стеклом. На обратной стороне оправы нанесена шкала в сантиметрах, по которой отсчитывают глубину погружения термометра.

Во время наблюдений термометр-щуп устанавливают в почву на определенную глубину и через 10-15 мин. снимают отсчет. Измерения термометром-щупом проводят только в теплое время года.

Вытяжные термометры применяют для измерения температуры на больших глубинах: 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240, 320 см.

Вытяжные термометры-ртутные, с ценой деления 0,2°.

Термометр заключен в пластмассовую оправу с прорезью для шкалы. Оправа в нижней части имеет колпачок, который заполняется медными опилками для тепловой инерции, благодаря чему некоторое время сохраняются показания вытяжного термометра после его извлечения из почвы для снятия отсчетов.

Вытяжные термометры опускаются в пластмассовые или эбонитовые трубки, помещенные в почву на определенную глубину. Термометры устанавливаются на открытом месте с естественным почвенным покровом в один ряд-с востока на запад.

Во время наблюдений термометр вынимают за кольцо и отсчитывают по возможности быстро температуру. После наблюдений термометр опускают в трубку также осторожно, чтобы не разбить его.

Вытяжные термометры могут быть использованы для измерения температуры в силосных ямах или буртах-

Порядок выполнения работы

1. Составьте краткое описание основных почвенных термометров и зарисуйте их.

2. Определите цену деления каждого вида термометров.

3. Измерьте температуру почвы на глубинах 20-120 см с помощью вытяжных термометров.

4. В полученные отсчеты внесите поправки согласно прилагаемым паспортам (сертификатам).

5. Постройте график зависимости температуры от глубины.

Таблица 26

Таблица результатов измерений

Время отсчета	Вид термометра	Глубина, см	Отсчет, град.	Поправка, град.	Исправленный отсчет град.
		20			
		40			
		60			
		80			
		120			

Контрольные вопросы

1. Для какой цели агроному нужны сведения о температуре почвы?

2. Какие термометры применяются для измерения температуры почвы?

3. Какими термометрами можно определить температуру пахотного слоя?

4. Какими приборами можно измерить температуру почвы на глубине узла кущения озимых культур?

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

6. Можно ли по графику распределения температуры найти глубину промерзания почвы?

Ситуационные задачи

Задача 1

Агрометеоролог должен дать рекомендацию по началу сева яровой пшеницы. Критический параметр - температура +5°C на глубине заделки семян (5 см). Вытяжной термометр на глубине 5 см показывает +4.5°C, а на поверхности почвы под солнцем - +15°C. Можно ли начинать сев? Обоснуйте, почему решение не может основываться на одном измерении.

Задача 2

В январе необходимо оценить риск вымерзания озимой пшеницы. Термометр-щуп на глубине узла кущения (3 см) показывает -5°C. Минимальный термометр на той же глубине, установленный с осени, показывает -12°C. Какой из показателей более корректен для оценки риска и почему возникло такое расхождение?

Задача 3

Коленчатый термометр на глубине 10 см показал максимальное значение (+18°C) в 17:00, а минимальное (+10°C) - в 07:00. Рассчитайте суточную амплитуду температуры на этой глубине. Как эта информация используется для определения оптимальных сроков внесения жидких удобрений?

Задача 4

При одновременном измерении температуры на глубине 20 см вытяжным термометром и термометром-щупом получены расхождения в 1.5°C (щуп показывает выше). С чем это может быть связано? Какой прибор в данном случае дает более точные данные и почему?

Задача 5

На двух соседних участках (вспаханном и с no-till) в один день и час измерили температуру на глубине 10 см. На вспаханном участке она оказалась на 2°C выше. Объясните агроклиматическую причину этого явления. Как это влияет на скорость прогрева почвы весной?

Задача 6

Зимой с помощью термометра-щупа определяют глубину промерзания. На какой глубине будет находиться граница промерзания, если до 25 см температура -2°С, а на 30 см - 0°С? Почему для почвы температура фазового перевода вода-лед часто ниже 0°С?

Задача 7

Наблюдатель установил коленчатый термометр на глубину 15 см, но при рыхлой почве плохо обжал землю вокруг резервуара. В солнечный день его показания стали значительно выше, чем у вытяжного термометра на той же глубине. В чем причина ошибки?

Задача 8

Для расчета суммы активных температур почвы необходимы данные срочных термометров, установленных на глубине 10 см. Однако в архиве есть только данные вытяжных термометров, которые снимаются в 08:00 и 20:00. Можно ли по этим данным рассчитать среднесуточную температуру для сумм? Какая погрешность возможна?

Задача 9

На паровом поле проводят мероприятия по накоплению влаги и питательных веществ. Как с помощью ежедневных измерений температуры почвы на глубинах 5, 10 и 20 см можно оценить интенсивность биологических процессов (минерализации органического вещества) в почве?

Задача 10

Участок почвы замульчирован соломой. В полдень температура на поверхности мульчи +35°С, а на глубине 10 см под мульчей - +20°С. На незамульчированном участке на глубине 10 см - +25°С. Объясните эффект влияния мульчи на тепловой режим и его агрономическое значение.

Задача 11

Термометр-щуп используется для определения глубины оттаивания почвы весной. На глубине 40 см температура -0.5°С, а на 45 см - -1.0°С. Можно ли считать, что почва оттаяла до 40 см? Что показывает отрицательная температура около 0°С в оттаивающей почве?

Задача 12

Температура почвы является критическим фактором для развития личинок вредителей (например, проволочника). Минимальный

термометр на глубине 15 см показал, что температура несколько дней держится выше +10°С. О чем это сигнализирует агроному?

Задача 13

В один и тот же день и час на южном и северном склонах измерили температуру почвы на глубине 20 см. Разница составила 4°С. Рассчитайте, на сколько дней раньше на южном склоне можно начать полевые работы (посев, посадку) при условии, что для прогрева до нужной температуры требуется сумма эффективных температур почвы 50°С.

Задача 14

Максимальный почвенный термометр на глубине 5 см после установки в течение недели показывает одно и то же значение, не реагируя на дневной прогрев. В чем причина? К каким ошибкам в оценке теплового стресса для всходов это приведет?

Задача 15

На двух участках одна и та же температура на глубине 10 см (+12°С). Но на одном участке почва влажная, а на другом - сухая. На каком участке прогноз дальнейшего прогрева более благоприятный и почему?

Задача 16

При поливе дождеванием холодной водой температура почвы на глубине 5 см резко понизилась. Как долго будет длиться эффект охлаждения и как это может повлиять на развитие рассады овощных культур? Как часто нужно проводить замеры температуры для контроля?

Задача 17

Почвенные термометры (вытяжные) установлены в грунте теплицы и в открытом грунте. В солнечный день температура в теплице на глубине 20 см на 5°С выше. О чем свидетельствует эта разница с точки зрения эффективности аккумуляции тепла и необходимости регулирования микроклимата?

Задача 18

После теплого дня минимальный термометр на поверхности почвы показал -3°С, а на глубине 2 см - 0°С. Были ли опасные для всходов условия? Почему данные на разных глубинах критически важны для оценки заморозкоопасности?

Задача 19

В архиве агрометеорологической станции есть только данные измерений температуры почвы в 08:00 и 20:00. Можно ли использовать эти данные для реконструкции теплового режима почвы за прошлые годы и оценки изменения сроков сева? Какие параметры можно рассчитать?

Задача 20

Осенью по показаниям термометров-щупов на разных глубинах строится вертикальный профиль температуры почвы. Какой вид этого профиля (резкое или плавное понижение температуры с глубиной) свидетельствует о высоком риске осеннего выпирания растений и почему?

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

Агрометеоролог измеряет температуру почвы на глубине 10 см с помощью вытяжного термометра. В 08:00 температура составила +8°C, в 14:00 - +18°C. Рассчитайте среднесуточную температуру на этой глубине. Почему для агрономических расчетов важно знать именно среднесуточные значения?

Задача 2

При установке коленчатого термометра на глубину 20 см наблюдатель плохо уплотнил почву вокруг резервуара. В солнечный день показания этого термометра оказались на 3°C выше, чем у вытяжного термометра на той же глубине. Объясните причину расхождения.

Задача 3

Минимальный почвенный термометр на глубине 5 см показал -2°C, хотя на поверхности почвы был иней. Почему температура на глубине 5 см может быть ниже нуля, но при этом не наблюдается видимого промерзания? Как это влияет на зимующие растения?

Задача 4

Максимальный термометр на глубине 10 см в течение недели показывал постоянное значение +15°C, не реагируя на суточные колебания. Предположите возможную причину неисправности. К каким ошибкам в оценке теплового стресса для культур это может привести?

Задача 5

Термометр-щуп используется для измерения температуры почвы под мульчирующим слоем соломы. На глубине 5 см зафиксировано +20°C, в то время как на открытом участке на той же глубине - +25°C. Объясните разницу и ее агрономическое значение.

Задача 6

При одновременном измерении температуры на глубине 15 см вытяжным термометром и термометром-щупом получены расхождения: щуп показывает +12°C, вытяжной - +10°C. С чем может быть связано это расхождение? Какой прибор считается более точным и почему?

Задача 7

На вспаханном и невспаханном участках в один день измерена температура на глубине 10 см. На вспаханном участке она оказалась на 2°C выше. Объясните причину и влияние обработки почвы на ее тепловой режим.

Задача 8

Для определения даты сева кукурузы требуется, чтобы температура почвы на глубине 10 см достигла +10°C. Вытяжной термометр показывает +9.5°C. Можно ли начинать сев? Какие дополнительные факторы нужно учесть?

Задача 9

Зимой с помощью термометра-щупа определяют глубину промерзания. На глубине 30 см температура -0.5°C, на 35 см - -1.0°C. Где находится граница промерзания? Почему температура фазового перехода вода-лед в почве часто ниже 0°C?

Задача 10

Коленчатый термометр на глубине 20 см показал максимальную температуру +22°C в 18:00, а минимальную +14°C в 08:00. Рассчитайте суточную амплитуду. Как эта информация используется для планирования поливов?

Задача 11

После дождевания холодной водой температура почвы на глубине 5 см понизилась с +20°C до +15°C. Как долго продлится эффект охлаждения? Как это может повлиять на прорастание семян?

Задача 12

На склонах южной и северной экспозиции измерили температуру почвы на глубине 15 см. Разница составила 4°С. На сколько дней раньше на южном склоне можно начать сев яровых культур?

Задача 13

Минимальный термометр на поверхности почвы показал -3°С, а на глубине 2 см - 0°С. Были ли условия для повреждения всходов? Почему данные на разных глубинах критичны для оценки заморозкоопасности?

Задача 14

Термометр-щуп используется для оценки прогрева почвы в теплице. Днем на глубине 10 см зафиксировано +30°С. О чем говорит этот показатель? Какие меры можно принять для избежания перегрева корневой системы?

Задача 15

При установке вытяжного термометра на глубину 40 см наблюдатель забыл очистить трубку от почвы. Показания термометра не меняются в течение суток. В чем причина? Как это повлияет на данные о тепловом режиме почвы?

Задача 16

На замульчированном участке температура почвы на глубине 10 см более стабильна: амплитуда суточных колебаний составляет 2°С, тогда как на открытом участке - 8°С. Объясните агрономические преимущества такого режима для корневой системы.

Задача 17

Для оценки риска вымерзания озимых культур измеряют температуру на глубине узла кущения (3 см). Минимальный термометр показывает -5°С. Критическая температура для культуры -8°С. Можно ли считать условия безопасными? Почему необходимы повторные измерения?

Задача 18

Срочный термометр на глубине 10 см показывает +12°С в 10:00. Какая примерно температура будет на этой глубине в 14:00, если день солнечный и безветренный? Какова погрешность таких оценок?

Задача 19

При измерении температуры песчаной и глинистой почв на одной глубине в одинаковых погодных условиях получены разные значения.

Какая почва прогревается быстрее и почему? Как это влияет на сроки сева?

Задача 20

Осенью по данным термометров-щупов построен вертикальный профиль температуры почвы: резкое понижение с глубиной. О чем свидетельствует такой профиль? Как он связан с риском выпирания растений зимой?

Практическая работа № 3
ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Приборы:

1. Станционный психрометр,
2. Аспирационный психрометр,
3. Гигрометр,
4. Гигрограф,
5. Психрометрические таблицы,
6. Барометр анероид
7. Чашечный барометр.

Влажностью воздуха называют содержание водяного пара в атмосфере.

От величины влажности зависит интенсивность испарения воды с почвы и транспирация растений.

Длительное пребывание растений в воздухе с относительной влажностью ниже 30 % вызывает преждевременное усыхание листьев и щуплость зерна.

Влажность воздуха влияет на качество продукции многих сельскохозяйственных культур. От повышенной влажности усиливается развитие и распространение ряда болезней растений (фитофтора картофеля и томатов, белая гниль подсолнечника и др.). При организации методов борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений требуется учитывать величину влажности воздуха.

Влажность воздуха выражается следующими характеристиками.

Упругость пара е - парциальное давление водяного пара, находящегося в воздухе (в мм рт. ст. и мб).

Упругость насыщения Е - наибольшее значение упругости пара, возможное при данной температуре (в мм. рт. ст. и мб).

Относительная влажность В - отношение упругости пара к упругости насыщения Е при данной температуре, выраженное в процентах:

$$\text{В} = \frac{e}{E} \times 100\ \%$$

Дефицит упругости водяного пара Д, или недостаток насыщения - это разность между упругостью насыщения при данной температуре и фактической упругостью пара:

$$\text{Д} = E - e$$

Точка росы - температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе при данном давлении, достигнет состояния насыщения. При В = 100 %. фактическая температура воздуха совпадает с точкой росы.

В настоящее время для измерения влажности воздуха применяют психрометрический и гигрометрический методы.

Психрометрический метод основан на охлаждении одного из двух термометров (станционный и аспирационный психрометры).

Гигрометрический метод измерения влажности воздуха основан на изменении длины гигроскопических материалов в зависимости от влажности воздуха (волосной гигрометр, гигрограф).

Станционный психрометр состоит из двух психрометрических термометров, с ценой деления 0,2°.

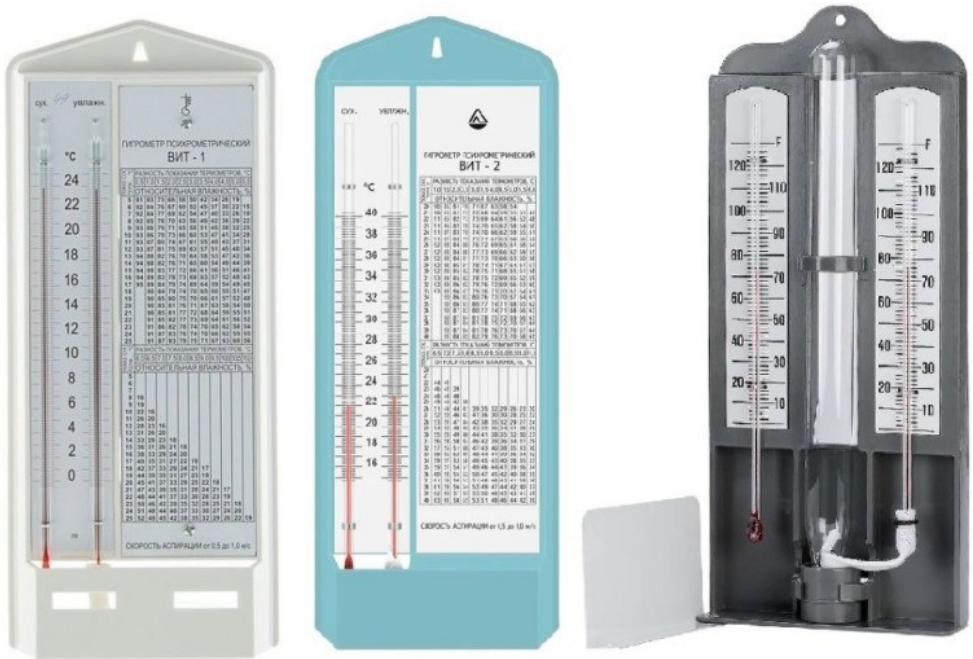


Рис. 130. Гигрометр психрометрический

Психрометр закрепляется в психрометрической будке.

Резервуар правого термометра обвязывают кусочком батиста, конец которого погружен в воду стаканчика.

Батист на резервуаре термометра является испаряющей поверхностью. Чем суше воздух, тем быстрее испарение с батиста и тем больше отнимается тепла от смоченного термометра; в связи с этим температура смоченного термометра становится ниже, чем сухого термометра.

По показаниям сухого и смоченного термометров можно вычислить упругость водяного пара е по психрометрической формуле:

$$\text{е} = E^1 - AP(T - T^1)$$

где E^1-максимальная упругость водяных паров при температуре смоченного термометра (T^1); Р-давление атмосферы в мб, снятое с барометра; А-психрометрический коэффициент, равный для станционного психрометра 0,0008 $\frac{1}{\text{град}}$, и для для аспирационного - 0,0007 $\frac{1}{\text{град}}$.

Для определения влажности воздуха по показаниям психрометра используются **психрометрические таблицы.**

Психрометрические таблицы - это таблицы, которые позволяют определять характеристики влажности воздуха по измеренным значениям температуры сухого и смоченного термометров психрометра.

Таблицы позволяют найти:

- парциальное давление водяного пара (в гектопаскалях);
- точку росы (в градусах Цельсия);
- относительную влажность воздуха (в процентах);
- дефицит насыщения водяного пара (в гектопаскалях)

По величине сухого термометра в таблице находят страницу и колонку, над которой указана температура, равная показанию сухого термометра. Затем в данной колонке, в левой графе, ищут показание смоченного термометра. Числа, расположенные рядом со значением T^1, и есть искомые величины (е, В, Д).

Для определения точки росы по величине упругости водяного пара служит специальная таблица 27.

Таблица 27

Определение точки росы по величине упругости водяного пара

Температура воздуха, °С	Температура точки росы °С при относительной влажности воздуха, %										
	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
25	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,1
22	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,1
21	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,3	16,4	17,3	18,2
18	5,9	7,4	8,80	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,4	11,4	12,2
12	0,4	1,6	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-0,4	1	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

Аспирационный психрометр по принципу действия не отличается от станционного психрометра. Главная особенность конструкции этого прибора-наличие аспирационного устройства, обеспечивающего обдувание резервуара термометров воздухом.

Он удобен в переноске и широко применяется при полевых наблюдениях.

Рис. 131. Аспирационный психрометр

Волосной гигрометр состоит из рамки, на которой укреплена шкала, стрелка и человеческий обезжиренный волос.

При увеличении относительной влажности волос удлиняется и стрелка под действием грузика поворачивается вправо.

Он широко применяется при резких похолоданиях, когда действие станционного психрометра нарушается.

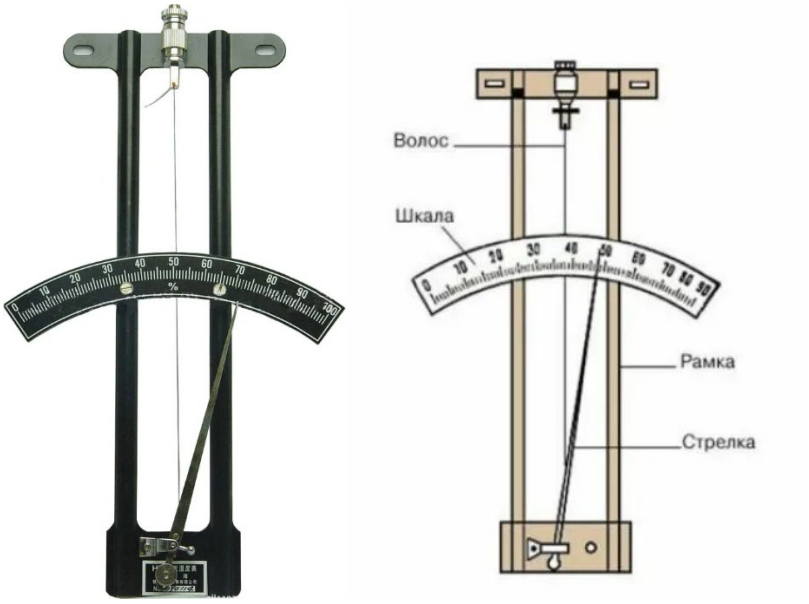


Рис. 132. Волосной гигрометр

Гигрограф служит для непрерывной регистрации относительной влажности. Приемной частью является пучок волос.

Передающей частью является система рычагов, заканчивающаяся стрелкой с пером.

Регистрирующей частью является барабан с часовым механизмом, на который надевается лента.

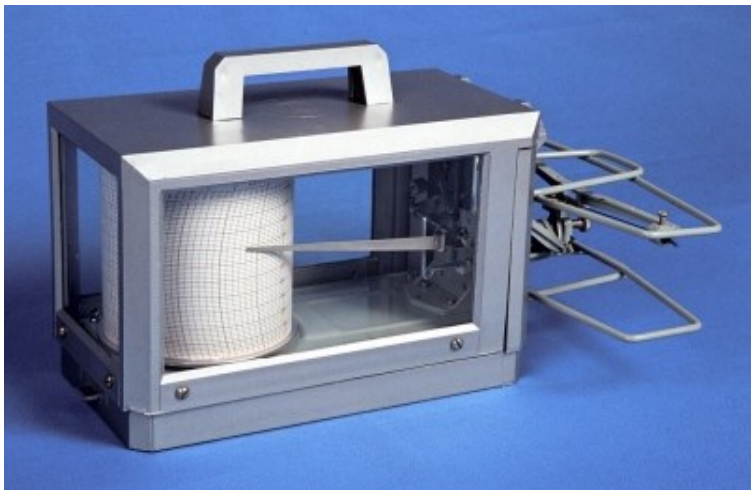


Рис. 133. Гигрограф

Порядок выполнения работы

1. Изучите приборы, применяемые для измерения влажности воздуха.

2. Используя станционный психрометр (или аспирационный психрометр) произведите отсчеты по сухому и смоченному термометрам с точностью до 0,1°С.

3. В полученные отсчеты температур по поверочным свидетельствам (паспортам) внесите поправки.

4. По исправленным показаниям сухого и смоченного термометров, используя психрометрические таблицы, найдите упругость пара, относительную влажность и дефицит упругости.

5- По величине упругости пара (е) из психрометрической таблицы определите точку росы.

Данные психрометрической таблицы вычислены при помощи основных формул влажности воздуха:

$$\text{е} = E^1 - AP(T - T^1)$$

$$\text{В} = \frac{e}{E} \times 100\ \%$$

$$\text{Д} = E - e$$

Величины Е и E^1 определяются из психрометрической таблицы по показаниям сухого и смоченного термометров (табл. 28).

Таблица 28

Психрометрическая таблица по показаниям сухого и смоченного термометров

Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров. °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность. °С										
12	100	89	78	68	57	4S	3S	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	77	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	77	15
1/	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
1$	100	91	82	73	65	56	49	41	34	77	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	77
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	6"	60	52	46	39	32	26
77	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	2S

23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

6. Используя указанные формулы, вычислите величины е, В, Д.

7. Сравните вычисленные величины с найденными по таблице 29.

Таблица 29

Таблица сравнения

Время отсчета			(*написать*)								
Вид прибора			(*написать*)								
Сухой термометр, г рад.			Смоченный термометр, град.			Величина влажности					Давление атмосферы Р мб
отсчет	поправка	исправленный отсчет	отсчет	поправка	исправленный отсчет	е, мб	В, %	Д, град	Е, мб	E^1, мб	

Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывает влажность воздуха на растения?
2. Какими величинами характеризуется влажность воздуха?
3. Назовите приборы, применяемые для измерения влажности воздуха. Укажите принцип их действия.
4. Какими приборами измеряют влажность воздуха при низких зимних температурах воздуха?
5. Почему смоченный термометр в большинстве случаев показывает температуру меньшую по сравнению с сухим термометром?

Ситуационные задачи

Задача 1

На стандартной метеоплощадке в один день одновременно работали станционный и аспирационный психрометры. Аспирационный показал относительную влажность 60%, а станционный - 55%. Объясните, почему результаты могут различаться, и какой из них считается более точным для климатических исследований.

Задача 2

Наблюдатель забыл смочить ткань на смоченном термометре станционного психрометра перед снятием показаний. Сухой термометр показал +20°С, «смоченный» - тоже +20°С. Какое значение влажности он ошибочно запишет в журнал? К каким последствиям для агроклиматической характеристики дня это приведет?

Задача 3

При сильном ветре (10 м/с) показания смоченного термометра аспирационного психрометра почти сравнялись с показаниями сухого. Почему это происходит? Можно ли использовать данные, полученные в таких условиях, для расчета дефицита влажности?

Задача 4

По показаниям аспирационного психрометра (tсух = +25°С, tсмоч = +19°С) и с помощью психрометрических таблиц определили относительную влажность (f=55%). Атмосферное давление по анероиду - 1000 гПа. Рассчитайте абсолютную влажность воздуха.

Задача 5

Волосной гигромерт показывает относительную влажность 40%. Одновременно аспирационный психрометр, эталонный для данных условий, показывает 50%. Можно ли использовать показания гигрометра? Что нужно сделать перед его дальнейшей эксплуатацией?

Задача 6

Лента гигрографа за сутки вычертила почти прямую линию на отметке 70%, хотя днем была ясная погода. Предположите две возможные причины неисправности прибора. Как эта ошибка исказит представление о суточном ходе влажности?

Задача 7

Гигрограф зафиксировал резкое падение относительной влажности с 70% до 25% за 2 часа при росте температуры. О каком опасном для сельского хозяйства явлении свидетельствует эта запись? К каким последствиям для растений оно может привести?

Задача 8

Рассчитанный по психрометру дефицит влажности воздуха составил 15 гПа. Листовая поверхность посева пшеницы составляет 20 тыс. м²/га. Оцените, будет ли транспирация интенсивной или затрудненной.

Задача 9

Для точного расчета упругости водяного пара необходимо точное давление. Показания чашечного барометра на станции - 754 мм рт. ст. Барометр-анероид, висящий на стене, показывает 752 мм рт. ст. Какой прибор показывает более корректное значение и почему?

Задача 10

Ночью в ясную безветренную погоду гигрограф зафиксировал повышение относительной влажности до 98%, но туман не образовался. Почему? При каком условии началось бы образование тумана?

Задача 11

По психрометрическим таблицам для разности температур сухого и смоченного термометров в 4°С и температуре сухого +16°С нашли точку росы +8°С. Что означает эта величина для агронома, планирующего обработку пестицидами рано утром?

Задача 12

В 15:00 температура воздуха достигла +30°С, а относительная влажность, измеренная аспирационным психрометром, упала до 20%. Рассчитайте дефицит насыщения. Являются ли эти условия суховейными? Опасны ли они для цветущих садов?

Задача 13

Над полем люцерны в солнечный день гигрометр показывает влажность 65%, а на соседней оголенной пашне - 45%. Объясните причину различий. Как растительный покров влияет на влажность приземного слоя воздуха?

Задача 14

В теплице для выращивания огурцов станционный психрометр показывает постоянную влажность 95%. Можно ли доверять этим показаниям для контроля условий? Какие ошибки могут возникать у психрометра в условиях насыщенного парами воздуха и плохой вентиляции?

Задача 15

При обработке климатических данных за прошлый год обнаружено, что в дни с низкими температурами (ниже -5°С) показания влажности по станционному психрометру стабильно занижены по сравнению с данными соседней станции. В чем причина?

Задача 16

Утром температура воздуха +10°С, точка росы, рассчитанная по психрометру, также +10°С. Какой погодный процесс вероятен в ближайшие часы? Стоит ли планировать на этот день уборочные работы?

Задача 17

В период налива зерна пшеницы гигрограф постоянно регистрировал высокую относительную влажность воздуха (выше 85%) в ночные часы. О каком риске для фитосанитарного состояния посева и качества зерна это сигнализирует?

Задача 18

По показаниям психрометра (tсух=+22°С, tсмоч=+16°С) с помощью таблиц нашли максимальную упругость пара Е=26,4 гПа и относительную влажность f=60%. Рассчитайте фактическую упругость водяного пара (e) и дефицит насыщения (d).

Задача 19

Метеостанция расположена на берегу крупного водохранилища. Показания влажности, снятые в 13:00, постоянно выше, чем на станциях в удалении от воды. Как это влияет на расчет испаряемости для данного района?

Задача 20

Агрометеоролог имеет следующие данные на 12:00: tвозд = +28°С, f = 35%, давление по анероиду - 1010 гПа. Рассчитайте дефицит влажности и точку росы. Дайте агроклиматическую оценку условий для полевых работ и состояния сельскохозяйственных культур.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

При измерении влажности в предрассветные часы аспирационный психрометр показал, что разность показаний сухого и смоченного термометров составляет всего 0.2°С. Однако на поверхности металлического корпуса прибора появилась роса. Почему психрометр не отражает полное насыщение и как это может повлиять на точность определения точки росы?

Задача 2

На высокогорной станции (2500 м над у.м.) давление по анероиду составляет 740 гПа. Психрометр показывает: tсух = +15°С, tсмоч =

+10°C. Как отличное от стандартного давление повлияет на расчет относительной влажности с помощью обычных психрометрических таблиц, составленных для давления 1000 гПа? Что нужно сделать для получения корректного значения?

Задача 3

Во время слабого моросящего дождя гигрометр показывает относительную влажность 92%, а психрометр дает значение 100%. Какое из показаний более точно отражает реальное состояние и почему возникает такое расхождение между приборами в этих условиях?

Задача 4

Для точной калибровки гигрометра использовали метод точки росы: охлаждали зеркало до +5°C, на котором появился конденсат. Температура воздуха при этом была +20°C. Рассчитайте относительную влажность, которую должен показывать откалиброванный гигрометр.

Задача 5

В засушливый ветреный день на фитиле смоченного термометра станционного психрометра осела пыль. В какую сторону это исказит показания влажности по сравнению с аспирационным психрометром и почему? К каким последствиям для агроклиматической оценки засушливости периода это может привести?

Задача 6

При температуре воздуха -10°C наблюдатель снимает показания с психрометра. Фитиль на смоченном термометре покрыт льдом. Можно ли использовать стандартные психрометрические таблицы для расчета влажности? Если нет, то как получить достоверные данные в условиях отрицательных температур?

Задача 7

Гигрограф зафиксировал, что минимальная относительная влажность (35%) наблюдается в 15:00, а максимальная (95%) - в 05:00. Рассчитайте, в какое время суток дефицит насыщения будет максимальным и минимальным. Для каких агрономических операций эта информация наиболее критична?

Задача 8

Наблюдатель снимает показания со станционного психрометра в следующем порядке: сначала смоченный термометр (+18°C), затем сухой (+22°C). За время считывания показаний смоченный термометр

успел нагреться на 0.3°C. Какова величина ошибки в определении влажности и в какую сторону?

Задача 9

В глубине лесного массива гигрометр показывает постоянную влажность 80-85% даже в солнечный день, тогда как на открытом поле в те же часы влажность падает до 45%. Рассчитайте разницу в дефиците увлажнения между этими биотопами и объясните ее причины.

Задача 10

Вечером температура воздуха +5°C, точка росы, рассчитанная по психрометру, составляет +2°C. При каком ночном понижении температуры можно ожидать заморозки на поверхности почвы? Какое значение для агрометеорологических прогнозов имеет разность температуры воздуха и точки росы вечером?

Задача 11

Спутниковый прибор определяет влажность в приземном слое как 50% для определенной территории. Наземные измерения аспирационным психрометром в это же время показывают 60%. Назовите две возможные причины систематического расхождения между спутниковыми и наземными данными.

Задача 12

Для изучения испарения с почвы измерения проводят на высотах 0,5 м и 2 м. На высоте 0,5 м влажность оказалась на 15% выше, чем на высоте 2 м. О чем свидетельствует такой градиент влажности и как он влияет на оценку фактического испарения?

Задача 13

В архиве найдены данные 1950-х годов, где влажность указана как "разность показаний психрометра 4°C". Можно ли по этим данным восстановить значения абсолютной и относительной влажности, если известна температура воздуха?

Задача 14

При сильном фёне (сухом нисходящем ветре) температура воздуха за 2 часа повысилась с +15°C до +25°C, а относительная влажность упала с 70% до 20%. Рассчитайте, как изменился дефицит насыщения и почему фен создает пожароопасную обстановку.

Задача 15

Фитиль на смоченном термометре психрометра сделан не из батиста, а из синтетической ткани с плохой гигроскопичностью. В какую

сторону это исказит показания влажности в жаркий солнечный день и почему?

Задача 16

При обработке данных с метеостанции, расположенной на высоте 1500 м, необходимо привести значения влажности к стандартным условиям. Давление составляет 850 гПа. Как отличие от стандартного давления (1000 гПа) влияет на психрометрическую постоянную и расчет парциального давления пара?

Задача 17

Гигрограф показывает, что точка росы в течение суток изменяется незначительно (±1°C), в то время как температура воздуха меняется на 15°C. О чем говорит постоянство точки росы и каков характер воздушной массы в этом случае?

Задача 18

В ясный день дефицит насыщения увеличился с 10 гПа утром до 25 гПа к полудню. Как это изменение повлияло на интенсивность транспирации сельскохозяйственных культур? При какой величине дефицита устьица растений могут начать закрываться?

Задача 19

Для одного и того же момента времени влажность определили тремя методами: психрометром (55%), волосным гигрометром (52%) и по точке росы (57%). Какое значение наиболее точно и почему методы дают небольшой разброс результатов?

Задача 20

По данным на 07:00: температура +8°C, точка росы +8°C, давление 1005 гПа, слабый ветер. По данным на 13:00: температура +18°C, точка росы +7°C, давление 1000 гПа, ветер усилился. Проанализируйте изменение влажности и других параметров. О прохождении какого атмосферного фронта могут свидетельствовать эти данные?

Практическая работа № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ВЕТРА

Приборы:

1. флюгер Вильда,
2. ветромер Третьякова,
3. анеморумбометр,
4. таблица «розы ветров».

Место выполнения: метеоплощадка.

Ветер – это горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности.

Ветер - движение воздуха в атмосфере над поверхностью Земли, вызванное разницей атмосферного давления, которая возникает из-за неравномерного нагрева поверхности Земли солнечной радиацией.

Некоторые характеристики ветра:

1. Направление определяется сторонами горизонта, откуда он дует, и измеряется в градусах.
2. Скорость измеряется в метрах в секунду и километрах в час.
3. Сила ветра оценивается в баллах по шкале Бофорта, в которой учитывается скорость ветра и его воздействие на земные объекты.

Шкала Бофорта - условная шкала для визуальной оценки силы (скорости) ветра в баллах по его действию на наземные предметы или по волнению на море

Непосредственной причиной возникновения ветра является различие атмосферного давления в разных точках земной поверхности, создающееся в результате неодинакового нагрева отдельных мест земного шара.

Ветер имеет разнообразное положительное и отрицательное значение в сельскохозяйственном производстве.

Ветер способствует перемещению воздуха, поддерживая постоянство газового состава нижних слоев атмосферы. Ветер переносит влагу из одних районов в другие, способствует испарению влаги из почвы, опылению растений, ветер может быть использован для получения энергии (ветродвигатели).

Отрицательное действие ветра проявляется в непродуктивном испарении воды с поверхности почвы и растений, в ветровой эрозии почвы и усилении повреждения растений при засухе.

Сильные ветры вызывают пыльные бури, способствуют полеганию хлебов и разрушают постройки.

Пыльная (песчаная) буря - атмосферное явление, при котором ветер переносит большие количества пыли (частиц почвы, песчинок) с земной поверхности в слое высотой несколько метров.

При этом наблюдается подъём пыли в воздух и одновременно оседание пыли на большой территории.

Признаки пыльной бури:

1. ухудшение горизонтальной видимости (в сильных бурях - до 500 метров или даже нескольких метров);

2. в зависимости от цвета почвы в регионе отдалённые предметы приобретают сероватый, желтоватый или красноватый оттенок.

Продолжительность: пыльные бури могут длиться от нескольких часов до нескольких суток.

Направление и скорость ветра необходимо знать агроному при выполнении многих сельскохозяйственных работ:

- подкормка полей удобрениями,
- опылении ядохимикатами полей и садов с самолета или вертолета.

Направление преобладающих ветров учитывается при:

- закладке лесополос
- посеве кулис,
- при снегозадержании
- борьбе с ветровой эрозией
- при строительстве животноводческих объектов и др.

Направление ветра - один из показателей движения атмосферного воздуха.

За направление ветра принимают то направление горизонта, откуда дует ветер.

Направление ветра измеряется в румбах или градусах.

Румб - это направление к точкам видимого горизонта относительно стран света или угол между двумя такими направлениями.

Румб – это деление на круге компаса, соответствующее 1/32 части горизонта, для определения положения корабля по отношению к странам света.

Обозначаются румбы начальными буквами названия стран света.

Основными румбами являются:

- север (С),
- восток (В),
- юг (Ю),
- запад.

Между основными румбами располагаются промежуточные румбы, которые обозначаются названием двух румбов, между которыми он расположен:

- северо-восточный (СВ),
- юго-восточный (ЮВ),
- юго-западный (ЮЗ),
- северо-западный (СЗ).

Если требуется еще большая точность определения направления ветров, то используют дополнительные промежуточные румбы, обозначаемые тремя названиями румбов.

Направление ветра иногда определяется с помощью градусной шкалы.

1. Север соответствует 0°,
2. Восток-90°,
3. Юг-180°,
4. Запад-270°.

Скорость ветра выражается в км/час или м/сек.

Иногда скорость ветра выражают в баллах по двенадцатибалльной шкале, предложенной в 1805 г- Бофортом.

Методы измерения направления и скорости ветра

Для измерения направления, скорости и порывистости ветра применяются приборы; флюгеры Вильда, анемометры, анеморумбометры, анеморумбографы.

Флюгер Вильда - комбинированный метеорологический прибор для измерения направления и скорости ветра, сконструированный Г. И. Вильдом [41].

Совмещает конструкции флюгера и анемометра Флюгер Вильда крепится на столбе или на металлической штанге высотой 10 м.

Флюгер Вильда имеет следующее устройство. На стальную штангу 3 надевается стержень 7 и крепится жестко муфта 4 с восемью штифтами: четыре штифта длинных (С, Ю, 3, В) и четыре коротких

(СЗ, СВ, ЮЗ и ЮВ). Один штифт с буквой С должен быть направлен строго на север.

Рис. 134. Флюгер Вильда

Направление ветра измеряется при помощи двухлопастной флюгарки.

Под влиянием ветра флюгарка устанавливается по направлению ветра, причем уравновешивающий груз флюгарки будет направлен в ту сторону, откуда дует ветер.

Сравнивая направление стержня флюгарки с Штифтами муфты определяют направление ветра.

Скорость ветра определяется по углу отклонения доски, которая свободно вращается вокруг горизонтальной оси, закрепленной на стержне.

Вес доски может быть 200 и 800 г.

Соответственно различают флюгера с легкой и тяжелой доской. Первый служит для измерения скорости ветра до 20 м/сек, второй-до 40 м/сек.

Под действием ветра доска будет отклоняться на тот или иной угол в зависимости от скорости ветра.

Положение доски отсчитывается по дуге, закрепленной с помощью стрежня. Для уравновешивания дуги на другом конце оси имеется груз.

Дуга имеет восемь штифтов от 0 до 7, причем для удобства отсчета нечетные штифты короче четных. Нулем обозначен штифт, соответствующий отвесному положению доски.

При наблюдении за скоростью ветра отсчитывают положение доски на дуге, т. е. записывают штифт, около которого находится доска иди между которыми колеблется доска.

Для выражения скорости ветра в м/сек пользуются таблицей, которая составлена на основании зависимости между скоростью ветра и углами отклонения доски.

При наблюдении за скоростью ветра дается качественная характеристика скорости (ровный или порывистый ветер).

Ровным ветром по скорости называют ветер с более или менее постоянной скоростью (доска колеблется около одного штифта или не выходит за пределы двух соседних штифтов).

Для измерения направления и скорости ветра **в** полевых условиях применяется **ветромер Третьякова.** Необходимость таких измерений вызвана тем, что скорость ветра на полях может значительно отличаться от данных метеоплощадки.

Ветромер Третьякова по своему устройству и действию напоминает флюгер Вильда. Принципиальной разницей является его способность к переноске с одного места на другое.

Для измерения мгновенной и средней скорости и определения направления ветра служит анеморумбометр.

Скорость ветра в походных условиях можно определить ручным анемометром.

Рис. 135. Ветромер Третьякова

В случае отсутствия приборов приблизительное суждение о скорости ветра можно получить по действию ветра на местные предметы.

Определение преобладающего направления ветра

Направление ветра в течение месяца или сезона в данной местности часто меняется. Однако ветры одних румбов повторяются реже, а других чаще.

Для изучения повторяемости ветров различных направлений применяют график, называемый «розой ветров».

«**Роза ветров**» - это графическое изображение распределения направлений ветра за месяц, сезон или год.

«**Роза ветров**» - векторная диаграмма, которая характеризует режим ветра в определённом месте на основе многолетних наблюдений. Выглядит как многоугольник, у которого длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях (румбах горизонта), пропорциональны повторяемости ветров этих направлений («откуда» дует ветер).

Для построения «розы ветров» из одной точки проводят восемь главных румбов (прямых линий под углом в 45° друг к другу). На каждой прямой в одинаковом масштабе откладывают число случаев или среднюю повторяемость в процентах за данный период. Концы полученных отрезков соединяют прямыми линиями.

Румб, на котором отложено наибольшее число случаев, покажет преобладающее направление ветра.

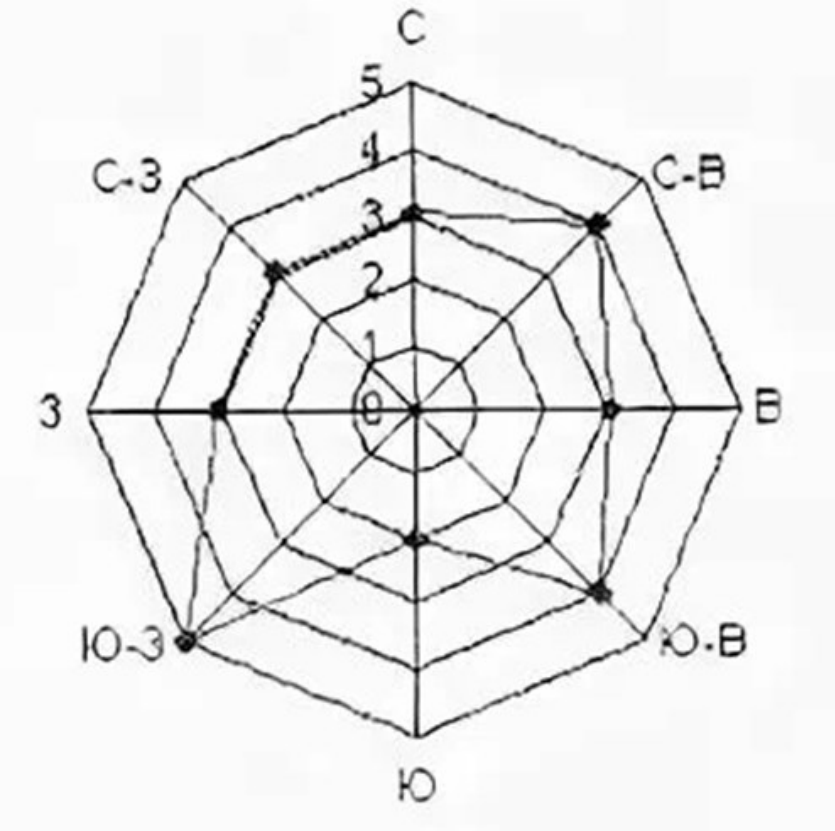


Рис. 136. Роза ветров

Для решения многих практических задач необходимо знать преобладающее направление ветра в данной местности. Особенно необходимы эти сведения для правильного размещения полезащитных лесных полос, кулис, при расстановке щитов, а также для строительства животноводческих помещений.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами для определения направления и скорости ветра. Дать рисунок флюгера Вильда.

2. Для определения направления ветра по флюгеру следует стать под указателем направления и, наблюдая за расположением флюгарки

в течение 2-х минут, определить положение противовеса по отношению сторон горизонта. В таблицу записать направление ветра.

3. Для определения скорости ветра наблюдатель должен отойти от столба флюгера и стать лицом к плоскости дуги так, чтобы луч зрения совпал с плоскостью доски-указателя скорости. Наблюдая за качанием доски в течение 2 мин., нужно определить ее среднее положение по отношению к штифтам. В таблице 2 записать номер штифта, около которого или между которыми наблюдается положение доски.

4. Через каждые 2 минуты сделайте измерения три раза, напишите среднее значение показаний.

5. По числу штифтов и таблице ветров определите скорость, силу и наименование ветра.

6. Все полученные данные занесите в табл 30.

Таблица 30

Величины ветра по флюгеру Вильда

Номер отсчета	Направление	Отклонение доски (штифты)	Скорость, м/сек	Сила, балл	Наименование ветра
1					
2					
3					
Среднее					

7. Дайте характеристику направления ветра (постоянное или меняющееся) и скорости ветра (ровный или порывистый).

8. Получите у преподавателя данные по повторности ветров за сезон, постройте «розу ветров» в масштабе 1 см - 5 проц. повторяемости.

9. Определите преобладающее направление ветра.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение ветра. Какими величинами он характеризуется?

2. Расскажите об устройстве флюгера Вильда. Начертите его рисунок.

3. Как определить направление и скорость ветра по флюгеру Вильда?

4. Как можно определить скорость ветра без приборов?

5. Что такое «роза ветров»? Укажите ее значение в практике сельского хозяйства.

Ситуационные задачи

Задача 1

На метеоплощадке флюгер Вильда показывает скорость ветра 4 м/с, а анеморумбометр на той же мачте в тот же момент - 5 м/с. Объясните вероятную причину расхождения. Показания какого прибора считаются более точными и почему?

Задача 2

Флюгер Вильда установлен на здании метеостанции, а не на отдельной мачте. В течение дня преобладают южные ветры, которые перед попаданием на флюгер огибают здание. Как это исказит данные о преобладающем направлении ветра при построении розы ветров?

Задача 3

Зимой при температуре -20°С и гололеде металлическая пластина флюгера Вильда покрылась льдом и замерзла в горизонтальном положении. Какое значение скорости ветра запишет наблюдатель и как эта ошибка повлияет на климатические характеристики зимнего сезона?

Задача 4

В течение часа наблюдатель каждые 10 минут фиксировал скорость ветра по флюгеру Вильда: 2, 5, 8, 3, 0, 4 м/с. Рассчитайте среднюю скорость ветра за час. Почему для агроклиматической оценки ветрового режима важна именно средняя скорость, а не единичные измерения?

Задача 5

Ветромер Третьякова зафиксировал отклонение пластины на 45° (что соответствует 10 м/с), но при этом наблюдались кратковременные порывы, которые могли вызывать отклонение до 90°. Как правильно записать скорость ветра в журнал наблюдений в этом случае?

Задача 6

В течение 3 минут анеморумбометр показывает нулевую скорость ветра, но флюгер Вильда при этом медленно поворачивается и показывает северо-западное направление. Какие данные следует записать в журнал: штиль или северо-западный ветер 1-2 м/с? Обоснуйте ответ.

Задача 7

По данным таблицы «розы ветров» за месяц наибольшая повторяемость ветра была с юго-запада (20%), но средняя скорость северо-

восточного ветра была в 2 раза выше. Какой ветер будет считаться преобладающим при агроклиматической оценке ветровой эрозии почвы?

Задача 8

Рассчитайте дефицит насыщения воздуха, если скорость ветра увеличилась с 1 м/с до 5 м/с при прочих равных условиях (t=25°C, φ=50%). Как это скажется на транспирационной активности сельскохозяйственных культур?

Задача 9

Ветромер Третьякова в течение 6 часов показывал скорость ветра 12 м/с с восточного направления. Влажность почвы на полях составляет 15%. Оцените риск возникновения ветровой эрозии и предложите меры защиты.

Задача 10

При скорости ветра 8 м/с с востока температура воздуха составляет +32°C, относительная влажность - 25%. Рассчитайте коэффициент суховея. Являются ли данные условия опасными для цветущих садов?

Задача 11

На южном склоне холма флюгер показывает устойчивый южный ветер 3 м/с, а в долине в это же время - штиль. Объясните причину возникновения склонового ветра и его значение для агроклимата склоновых земель.

Задача 12

Ночью флюгер на берегу водохранилища показывает ветер с суши на водоем со скоростью 2 м/с, а днем - с водоема на сушу со скоростью 4 м/с. Объясните причину и рассчитайте суммарный перенос воздуха за сутки.

Задача 13

Анеморумбометр на высоте 10 м показывает скорость 6 м/с. Оцените скорость ветра на высоте 2 м (уровень растений), если местность открытая и ровная.

Задача 14

После установки системы лесополос роза ветров изменилась: снизилась повторяемость ветров с запада с 30% до 15%, но увеличилась их средняя скорость с 4 до 5 м/с. Объясните парадокс и дайте агроклиматическую оценку эффективности лесополос.

Задача 15

При сравнении данных флюгера Вильда и анеморумбометра обнаружено, что флюгер systematically занижает скорость слабых ветров (1-3 м/с) на 0.5-1 м/с. В чем likely причина и как скорректировать архивные данные за прошлые годы?

Задача 16

Во время грозы флюгер Вильда показал отклонение пластины на 90° (16 м/с), но анеморумбометр зафиксировал порыв 25 м/с. Какое значение следует записать в журнал и как охарактеризовать явление?

Задача 17

При скорости ветра 8 м/с с северного направления и температуре +20°С планируется опыление плодового сада. Возможна ли эффективная работа опылителей в данных условиях? Дайте обоснование.

Задача 18

Скорость ветра увеличилась с 2 до 6 м/с. Как изменится скорость испарения с водной поверхности при прочих равных условиях? Рассчитайте во сколько раз.

Задача 19

Для установки ветрогенератора необходимо, чтобы средняя многолетняя скорость ветра была не менее 5 м/с. По данным флюгера Вильда средняя скорость составляет 4.2 м/с. Можно ли использовать эти данные для принятия решения или необходимы измерения анеморумбометром?

Задача 20

Проанализируйте синоптическую ситуацию: давление падает, ветер сменился с юго-восточного 3 м/с на юго-западный 8 м/с, температура повысилась с +10°С до +15°С. О приближении какого атмосферного фронта свидетельствуют данные? Дайте прогноз изменения ветрового режима.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

На метеоплощадке флюгер Вильда показывает скорость ветра 4 м/с, а анеморумбометр в тот же момент - 5 м/с. Объясните вероятную причину расхождения. Показания какого прибора считаются более точными и почему?

Задача 2

Флюгер Вильда установлен на здании метеостанции, а не на отдельной мачте. В течение дня преобладают южные ветры, которые перед попаданием на флюгер огибают здание. Как это исказит данные о преобладающем направлении ветра при построении розы ветров?

Задача 3

Зимой при температуре -20°C и гололеде металлическая пластина флюгера Вильда покрылась льдом и замерзла в горизонтальном положении. Какое значение скорости ветра запишет наблюдатель и как эта ошибка повлияет на климатические характеристики зимнего сезона?

Задача 4

В течение часа наблюдатель каждые 10 минут фиксировал скорость ветра по флюгеру Вильда: 2, 5, 8, 3, 0, 4 м/с. Рассчитайте среднюю скорость ветра за час. Почему для агроклиматической оценки ветрового режима важна именно средняя скорость, а не единичные измерения?

Задача 5

Ветромер Третьякова зафиксировал отклонение пластины на 45° (что соответствует 10 м/с), но при этом наблюдались кратковременные порывы, которые могли вызывать отклонение до 90°. Как правильно записать скорость ветра в журнал наблюдений в этом случае?

Задача 6

В течение 3 минут анеморумбометр показывает нулевую скорость ветра, но флюгер Вильда при этом медленно поворачивается и показывает северо-западное направление. Какие данные следует записать в журнал: штиль или северо-западный ветер 1-2 м/с? Обоснуйте ответ.

Задача 7

По данным таблицы «розы ветров» за месяц наибольшая повторяемость ветра была с юго-запада (20%), но средняя скорость северо-восточного ветра была в 2 раза выше. Какой ветер будет считаться преобладающим при агроклиматической оценке ветровой эрозии почвы?

Задача 8

Рассчитайте дефицит насыщения воздуха, если скорость ветра увеличилась с 1 м/с до 5 м/с при прочих равных условиях (t=25°C, φ=50%). Как это скажется на транспирационной активности сельскохозяйственных культур?

Задача 9

Ветромер Третьякова в течение 6 часов показывал скорость ветра 12 м/с с восточного направления. Влажность почвы на полях составляет 15%. Оцените риск возникновения ветровой эрозии и предложите меры защиты.

Задача 10

При скорости ветра 8 м/с с востока температура воздуха составляет +32°С, относительная влажность - 25%. Рассчитайте коэффициент суховея. Являются ли данные условия опасными для цветущих садов?

Задача 11

На южном склоне холма флюгер показывает устойчивый южный ветер 3 м/с, а в долине в это же время - штиль. Объясните причину возникновения склонового ветра и его значение для агроклимата склоновых земель.

Задача 12

Ночью флюгер на берегу водохранилища показывает ветер с суши на водоем со скоростью 2 м/с, а днем - с водоема на сушу со скоростью 4 м/с. Объясните причину и рассчитайте суммарный перенос воздуха за сутки.

Задача 13

Анеморумбометр на высоте 10 м показывает скорость 6 м/с. Оцените скорость ветра на высоте 2 м (уровень растений), если местность открытая и ровная.

Задача 14

После установки системы лесополос роза ветров изменилась: снизилась повторяемость ветров с запада с 30% до 15%, но увеличилась их средняя скорость с 4 до 5 м/с. Объясните парадокс и дайте агроклиматическую оценку эффективности лесополос.

Задача 15

При сравнении данных флюгера Вильда и анеморумбометра обнаружено, что флюгер занижает скорость слабых ветров (1-3 м/с) на 0.5-1 м/с. В чем причина и как скорректировать архивные данные за прошлые годы?

Задача 16

Во время грозы флюгер Вильда показал отклонение пластины на 90° (16 м/с), но анеморумбометр зафиксировал порыв 25 м/с. Какое значение следует записать в журнал и как охарактеризовать явление?

Задача 17

При скорости ветра 8 м/с с северного направления и температуре +20°С планируется опыление плодового сада. Возможна ли эффективная работа опылителей в данных условиях? Дайте обоснование.

Задача 18

Скорость ветра увеличилась с 2 до 6 м/с. Как изменится скорость испарения с водной поверхности при прочих равных условиях? Рассчитайте во сколько раз.

Задача 19

Для установки ветрогенератора необходимо, чтобы средняя многолетняя скорость ветра была не менее 5 м/с. По данным флюгера Вильда средняя скорость составляет 4.2 м/с. Можно ли использовать эти данные для принятия решения или необходимы измерения анеморумбометром?

Задача 20

Проанализируйте синоптическую ситуацию: давление падает, ветер сменился с юго-восточного 3 м/с на юго-западный 8 м/с, температура повысилась с +10°С до +15°С. О приближении какого атмосферного фронта свидетельствуют данные? Дайте прогноз изменения ветрового режима.

Практическая работа № 5
ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРА РУЧНЫМ АНЕМОМЕТРОМ

Приборы:

1. ручные анемометры,
2. секундомер.

Место выполнения: метеоплощадка.

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности.

Непосредственной причиной возникновения ветра является различие атмосферного давления в разных точках земного шара, создающееся в результате неодинакового нагрева отдельных мест земной поверхности.

Ветер характеризуется направлением, скоростью и порывистостью.

За направление ветра принимают точку горизонта, откуда дует ветер. Например, если ветер дует с юга на север, то он будет южного направления.

Направление ветра выражают при помощи основных румбов (север С, восток В, юг Ю и запад З).

Между основными румбами располагаются промежуточные-СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ.

Скорость ветра выражается в метрах в секунду (м/с), реже в километрах в час (км/час).

Иногда скорость ветра выражают в баллах.

Число 0 (балл) соответствует штилю, 12 баллами обозначают ураганный ветер.

Визуально определить скорость ветра можно по его действию на местные предметы (развевание флагов, колебание листьев и ветвей деревьев и др.).

Скорость и направление ветра приходится учитывать при многих сельскохозяйственных работах:

- подкормке полей удобрениями,
- опылении садов ядохимикатами с самолета или вертолета.

Направление преобладающих ветров учитывается при закладке лесополос и посеве кулис, при снегозадержании и борьбе с ветровой эрозией, при строительстве животноводческих и других объектов.

Направление ветра и его порывистость определяются флюгерами, которые бывают разной конструкции.

Приборы для измерения скорости ветра

Для измерения средней скорости ветра за определенный промежуток времени служит ручной чашечный анемометр.

Приемная часть ручного анемометра состоит из металлической крестовины, на концах которой укреплены четыре полых полушария, обращенных выпуклостями в одну сторону.

Полушария защищены от механических повреждений рамкой 3 и насажены на ось.

Ось в нижней части имеет червячную (винтовую) нарезку, с помощью которой она соединяется с шестеренками счетного механизма, заключенного в корпус.

Счетный механизм имеет три циферблата. На большом циферблате нанесены деления от 0 до 100, на другом-сотни делений и на третьем-тысячи.

В нижней части футляра, сбоку, выступает рычаг, арретир счетчика, поворотом которого по часовой стрелке счетчик включается, против часовой-выключается.

Переключения рычага, когда до него нельзя достать рукой, осуществляют шнуром. Для этого на корпусе по обе стороны рычага имеются кольца, через которые протягиваются концы шнура, прикрепленного к кольцу арретира. Снизу, под корпусом прибора, имеется стержень с винтовой нарезкой для установки анемометра на деревянном шесте в вертикальном положении.

Рис. 137. Чашечный анемометр

Порядок выполнения работы

1. Составить краткое описание ручного анемометра. Дать рисунок прибора.

2. Провести тренировочную работу по изучению пользования анемометром и снятия отсчетов по трем циферблатам.

3. На метеоплощадке установить два анемометра на разных высотах (1,5 м и 3,0 м).

4. В таблицу записать начальные показания анемометров.

5. Включить одновременно секундомер и счетчики анемометров (сдвинув арретир в верхнее положение).

6. Через несколько минут (не менее 100 сек.) выключить счетчики приборов (сдвинуть арретир 6 в нижнее положение). Снять конечные показания с трех циферблатов каждого анемометра и записать в таблицу.

7. Работу по измерению скорости ветра повторить в том же порядке.

8. Найти разность показаний приборов для каждого измерения и для каждой высоты. Разность показаний в отсчетах дает число вращений крестовины анемометра за время работы.

9. Найти среднее значение делений из двух измерений для каждой высоты.

10. Делением среднего значения показаний счетчика для каждой высоты на время работы прибора в секундах найти число делений счетчика анемометра в секунду (дел/с).

11. По среднему числу делений в секунду из градуировочного графика или поверочного свидетельства определите скорость ветра для каждой высоты (табл. 31).

Таблица 31

Результаты измерения скорости ветра

Отсчеты по анемометрам	1,5 м		3 м	
	1	2	1	2
Начальный отсчет				
Конечный отсчет				
Разность отсчетов				
Среднее значение				
Время (С)				
Число делений в секунду				
Скорость м/с				

Контрольные вопросы

1. Что называется ветром и какими величинами он характеризуется?

2. Для каких целей измеряют направление и скорость ветра?

3. Каково устройство и принцип работы ручного анемометра?

4. Почему полусферы анемометра вращаются выпуклой поверхностью вперед?

5- Как определить скорость ветра, не имея приборов?

Ситуационные задачи

Задача 1

Перед началом измерений ручной анемометр показал на счетчике 1250 единиц. После 5 минут работы на открытой местности показания составили 1350 единиц. Рассчитайте скорость ветра, если цена деления прибора составляет 1 м/деление.

Задача 2

Наблюдатель измерил скорость ветра в течение 30 секунд. Полученная скорость составила 4 м/с. Как изменится точность измерения, если увеличить время измерения до 2 минут? Обоснуйте ответ.

Задача 3

Ручной анемометр имеет порог чувствительности 0.5 м/с. При измерении скорости ветра в лесу прибор показал 0.2 м/с. Как правильно записать это значение в журнал наблюдений?

Задача 4

Измерения проводились на высоте 0.5 м и 2 м от поверхности земли. На высоте 0.5 м скорость составила 2 м/с, на высоте 2 м - 3 м/с. Объясните причину различия и ее значение для агроклиматических оценок.

Задача 5

В саду между деревьями скорость ветра на высоте 1 м составила 1.5 м/с, а на высоте 4 м - 2.8 м/с. Рассчитайте вертикальный градиент скорости ветра и оцените его влияние на испарение с поверхности почвы.

Задача 6

Измерения скорости ветра проводились в 06:00, 12:00, 18:00 и 24:00. В какое время суток ожидаются максимальные значения скорости ветра и почему?

Задача 7

На открытом поле скорость ветра составила 5 м/с, а в расположенной рядом балке - 1.5 м/с. Объясните разницу и ее значение для размещения ветрозащитных полос.

Задача 8

При пятикратном измерении скорости ветра получены значения: 3.2, 3.5, 3.1, 3.6, 3.3 м/с. Рассчитайте среднюю скорость и оценку погрешности измерений.

Задача 9

На пахотном поле скорость ветра на высоте 1 м составляет 8 м/с. Оцените риск ветровой эрозии при влажности почвы 15%. Какие меры защиты необходимо принять?

Задача 10

В вентиляционном отверстии теплицы скорость ветра составляет 0.3 м/с. Достаточно ли этого для обеспечения нормального газообмена при выращивании томатов?

Задача 11

При скорости ветра 6 м/с планируется опыление плодового сада. Возможна ли эффективная работа пчел в таких условиях? Дайте обоснование.

Задача 12

Скорость ветра над поверхностью пруда составляет 3 м/с. Рассчитайте, как изменится интенсивность испарения при увеличении скорости ветра до 6 м/с.

Задача 13

После установки ветрозащитной полосы скорость ветра на защищенной территории уменьшилась с 7 м/с до 3 м/с. На сколько процентов уменьшилась скорость ветра?

Задача 14

Для установки ветрогенератора требуется средняя скорость ветра не менее 4 м/с. При измерениях получены значения: 3.8, 4.2, 3.9, 4.1, 4.0 м/с. Можно ли рекомендовать установку ветрогенератора?

Задача 15

При скорости ветра 2 м/с температура воздуха составляет +15°C. Как изменится ощущаемая температура при увеличении скорости ветра до 6 м/с?

Задача 16

При скорости ветра 8 м/с планируется обработка пестицидами. Возможно ли проведение работ без потери эффективности?

Задача 17

При скорости ветра 1 м/с вертикальный градиент температуры составляет 0.8°С/м. Как изменится градиент при увеличении скорости ветра до 5 м/с?

Задача 18

При скорости ветра 3 м/с относительная влажность воздуха составляет 70%. Как изменится влажность при увеличении скорости ветра до 7 м/с при постоянной температуре?

Задача 19

При скорости ветра 6 м/с происходит перенос снега. Рассчитайте возможную высоту снежных заносов при такой скорости ветра.

Задача 20

Во время цветения плодовых культур скорость ветра составляет 5 м/с. Оцените влияние на процесс опыления и формирование завязи.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

При измерении скорости ветра в саду между деревьями получены значительные колебания показаний: от 0.5 до 3 м/с. Как правильно определить значение для характеристики микроклимата сада?

Задача 2

Для оценки ветрового режима поля необходимо провести измерения в течение 10 минут. Как часто следует снимать показания прибора для получения достоверных данных?

Задача 3

Над полем пшеницы в фазе молочной спелости скорость ветра на высоте 0.5 м составляет 1.2 м/с, а над голой почвой - 3.5 м/с. Объясните разницу.

Задача 4

При сравнении ручного анемометра с эталонным прибором получено систематическое занижение показаний на 0.3 м/с. Как скорректировать результаты предыдущих измерений?

Задача 5

На южном склоне крутизной 10° скорость ветра составляет 4 м/с, а на северном - 2.5 м/с. Объясните различия и их агроклиматическое значение.

Задача 6

В безветренную ночь температура опустилась до -3°C. Как изменится риск заморозков при скорости ветра 2 м/с?

Задача 7

При скорости ветра 1 м/с испарение с поверхности почвы составляет 2 мм/сутки. Как изменится испарение при скорости ветра 4 м/с?

Задача 8

В коровнике скорость движения воздуха составляет 0.1 м/с. Соответствует ли это зоогигиеническим нормативам?

Задача 9

При скорости ветра 12 м/с наблюдается полегание зерновых культур. Рассчитайте критическую скорость ветра для стеблей пшеницы высотой 1 м.

Задача 10

В центральной части города скорость ветра составляет 1.8 м/с, а на окраине - 3.2 м/с. Объясните причины различия.

Задача 11

При скорости ветра 0.5 м/с интенсивность фотосинтеза составляет 15 мг CO_2/дм²/час. Как изменится фотосинтез при скорости ветра 3 м/с?

Задача 12

Для эффективного снегозадержания необходимо снизить скорость ветра до 2-3 м/с. На сколько процентов нужно уменьшить исходную скорость ветра 7 м/с?

Задача 13

При скорости ветра 10 м/с наблюдается повреждение листьев плодовых культур. Рассчитайте силу ветра в баллах по шкале Бофорта.

Задача 14

После создания системы лесных полос скорость ветра на поле уменьшилась с 6 до 3 м/с. На сколько процентов снизилась скорость ветра?

Задача 15

При скорости ветра 2 м/с суточная амплитуда температуры поверхности почвы составляет 20°С. Как изменится амплитуда при скорости ветра 6 м/с?

Задача 16

При скорости ветра 4 м/с происходит эффективный перенос семян луговых трав. Рассчитайте среднюю дальность переноса семян массой 0.001 г.

Задача 17

При скорости ветра 3 м/с испарение с поверхности почвы составляет 3 мм/сутки. Как изменится влажность почвы при увеличении скорости ветра до 7 м/с?

Задача 18

Для работы ветрогенератора требуется скорость ветра не менее 4 м/с. При измерениях получены значения: 3.5, 4.2, 3.8, 4.5, 3.9 м/с. Рассчитайте коэффициент использования ветроэнергетического потенциала.

Задача 19

При скорости ветра 1 м/с транспирация пшеницы составляет 4 мм/сутки. Как изменится транспирация при скорости ветра 5 м/с?

Задача 20

Проанализируйте влияние скорости ветра 5 м/с на микроклимат поля при температуре +25°С и относительной влажности 60%. Дайте агроклиматическую оценку условий для роста яровой пшеницы.

Практическая работа № 6
ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Приборы:

1. ртутный чашечный барометр,
2. анероид,
3. барограф.

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

Атмосферное давление является одной из важнейших характеристик состояния атмосферы и одним из основных физических свойств воздуха, связанных с его плотностью и температурой.

Изменения атмосферного давления во времени и в пространстве отражают особенности развития погоды в разных местах земного шара. Давление воздуха изменяется в зависимости от смены воздушных масс, температуры и других факторов.

Отражая различные процессы в атмосфере, давление позволяет ориентировочно судить о них, что важно для предсказания погоды. Так, постепенное значительное падение давления в течение нескольких часов, особенно с усилением облачности, обычно предвещает ухудшение погоды и выпадение осадков.

Быстрое повышение давления предшествует прояснению после пасмурной дождливой погоды.

Ровный ход давления-признак сохранения текущей погоды без существенных изменений.

Атмосферное давление обычно измеряется высотой ртутного столба в трубке барометра. Единицей давления в этом случае являются мм рт. ст.

В практике в качестве единицы давления используют миллибары.

В международной системе единиц давление воздуха измеряется в Паскалях $1\text{Па} = 1\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$

Для пересчета миллиметров ртутного столба в миллибары и в паскали и обратно применяют специальные таблицы или же используют соотношения:

1 мбар=0,75 мм рт. ст.,

1 мм рт. ст.= 1,33 мбар,

1 мм рт. ст. = 133 н/м^2= 133 Па,

1 мб -100 н/м^2= 100 Па.

Атмосферное давление меняется с высотой, в связи с изменением веса столба воздуха, оказывающего давление на единицу поверхности.

Давление, равное весу ртутного столба высотой 760 мм, имеющее температуру 0,0°С и находящееся на широте 45° и на уровне моря, называют нормальным атмосферным давлением.

Приборы для измерения давления атмосферы.

Для измерения атмосферного давления наибольшее распространение имеют барометры с жидкостями, действующие на основании законов гидростатики, и анероиды, или металлические барометры, основанные на упругих свойствах твердых тел.

Станционный чашечный барометр.

Станционный чашечный барометр состоит из 2-х основных частей: стеклянной трубки и чашки, заполненной ртутью.

Верхний конец трубки запаян. Чтобы воздух не попал в трубку, ее перед опусканием в чашку доверху наполняют ртутью.

Стеклянная трубка с ртутью заключена в металлическую трубку, играющую роль футляра. В верхней части трубки сделаны сквозные прорези, через которые можно наблюдать мениск ртути. На латунной трубке нанесены деления, по которым можно в мм или в миллибарах (мб) определить высоту ртути.

Для отсчета десятых долей самого мелкого деления шкалы служит подвижный нониус, который можно перемещать при помощи кремальеры.

В нижней части латунной трубки имеется термометр для измерения температуры ртути. На чашке барометра имеется винт. Если его отвернуть на 2-3 оборота, то внутренняя часть чашки будет сообщаться с наружным воздухом; в то же время винт защищает чашку от попадания в нее пыли и загрязнения поверхности ртути.

Барометр устанавливается в специальном шкафчике, прочно укрепленном на стене. Шкафчик защищает прибор от резких колебаний температуры и от загрязнения.

Отсчет показаний барометра производится в таком порядке. Сначала отсчитывают показание термометра с точностью до 0,5°. Затем нужно слегка постучать пальцем по барометрической трубке и при помощи кремальеры переместить нониус в такое положение, при котором горизонтальная плоскость, проходящая через нижний край нониуса, касалась бы верхней точки мениска ртути.

Просматривая взаимное расположение делений основной шкалы и нониуса, видим, что в данном случае четвертое деление нониуса точно совпадает с одним из делений основной шкалы ртути.

Под нулевым делением нониуса на основной шкале находится искомое целое число мб (или мм рт. ст.). Номер деления нониуса, совпадающего с делением основной шкалы, показывает число десятых долей (мб или мм рт. ст.). Высота ртути равна 980,4 мб.

Поправки барометра. В полученный отсчет барометра следует ввести три поправки.

Первая поправка – это инструментальная поправка, которая зависит от несовершенства прибора; она определяется сравнением показаний данного барометра с показаниями более правильного барометра и при каждом приборе дается в его поверочном свидетельстве.

Вторая поправка-на распределение силы тяжести-зависит от широты места наблюдения и высоты места от уровня моря. Влияние высоты места до 350 м на показания барометра незначительны. Поправки на широту места, рассчитанное для широт от 0 до 45°, имеют знак минус, а для широт от 45 до 90°-знак плюс.

Третья поправка-на температуру, определяется по температуре при барометре и показаниям барометра по таблице, в которой даны величины поправок, рассчитанные для различных значений температуры и атмосферного давления. При температуре выше 0° поправки имеют знак минус, а при температуре ниже 0°-знак плюс.

Истинное (исправленное) давление атмосферы складывается из показаний давления по барометру с учетом трех поправок.

Для суждения о распределении давления воздуха по стране и нанесения его на карту необходимо все значения давления метеорологических станций свести к одному и тому же уровню (к уровню моря). Для этого определяют барическую ступень.

Барическая ступень – это высота, на которую нужно подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на 1 единицу.

Барическая ступень (Н, м/мбар) вычисляется по формуле:

$$\mathrm{H} = \frac{8000}{\mathrm{P}}(1 + 0{,}004\mathrm{T})$$

где р-давление (в мб) и Т-температура (в °С) в той точке, для которой вычисляется барическая ступень, 8000 м - высота однородной атмосферы, где плотность воздуха считается постоянной.

Для приведения давления атмосферы к уровню моря надо к исправленному показанию давления прибавить отношение высоты места над уровнем моря к барической ступени:

$$P_{моря} = P_{ист} + H^1H$$

Для измерения атмосферного давления служит анероид, что означает «безвоздушный».

Для непрерывной записи атмосферного давления предназначен барограф**.** Его приемной частью является несколько анероидных коробок, закрепленных одна над другой. На конце стрелки барографа укреплено перо, которое записывает колебания давления на бумажной ленте, надетой на барабан, вращаемый часовым механизмом.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство чашечного барометра и зарисовать его.
2. Произвести отсчет температуры по термометру барометра и, постучав пальцем по барометрической трубке, с помощью кремальерного винта опустить нониус до вершины мениска столба ртути.
3. По основной шкале снять давление с точностью до целых, а по нониусу отсчитать десятые доли давления.
4. К отсчету по барометру ввести поправки:

а) инструментальную;

б) на температуру;

в) на широту места.

5. По исправленному показанию барометра вычислите барическую ступень.
6. Приведите показание барометра к уровню моря.
7. Данные отсчета и результаты вычислений занесите в таблицу 32.

Таблица 32

Результаты измерения давления

Дата измерения

Высота станции

Отсчеты по прибору		Поправки к давлению			Исправленное давление, мб	Барическая ступень, м/мб	Давление на уровне моря, мб
давление, мб	температура, град.	инструментальная, мб	температурная, мб	на широту, мб			

Контрольные вопросы

1. Укажите приборы, при помощи которых определяется атмосферное давление? Дайте рисунок чашечного барометра.
2. Какими единицами измеряется атмосферное давление?

Укажите соотношения между единицами давления.

3. Какие поправки вводятся в отсчет барометра?
4. Что называется барической ступенью?
5. Для какой цели атмосферное давление приводят к уровню моря?
6. Можно ли по показаниям барометра предсказывать погоду на ближайшее время?

Ситуационные задачи

Задача 1

При сравнении показаний ртутного барометра (765 мм рт. ст.) и анероида обнаружено расхождение: анероид показывает 768 мм рт. ст. Как откалибровать анероид для дальнейших измерений?

Задача 2

Ртутный барометр показывает давление 750 мм рт. ст. при температуре +25°C. Рассчитайте приведенное к 0°C значение давления, если коэффициент расширения ртути $\alpha = 0.0001818$.

Задача 3

На метеостанции, расположенной на высоте 250 м над уровнем моря, давление составляет 730 мм рт. ст. Рассчитайте давление на уровне моря, используя барометрическую формулу.

Задача 4

Барограф зафиксировал суточный ход давления с амплитудой 3 мм рт. ст. В какое время суток наблюдались максимум и минимум давления? Объясните причину суточных колебаний.

Задача 5

Барограф показал падение давления с 755 до 745 мм рт. ст. за 6 часов. Оцените скорость падения давления и вероятность выпадения осадков.

Задача 6

Разность давления между двумя пунктами, расположенными на расстоянии 200 км, составляет 5 мм рт. ст. Рассчитайте горизонтальный барический градиент и ожидаемую скорость геострофического ветра.

Задача 7

При пятикратном измерении давления анероидом получены значения: 754, 753, 755, 754, 753 мм рт. ст. Оцените погрешность измерений и класс точности прибора.

Задача 8

При давлении 710 мм рт. ст. вода закипает при 98°C. Рассчитайте, при каком давлении точка кипения будет равна 100°C.

Задача 9

За 3 часа давление по барографу изменилось с 760 до 758 мм рт. ст. Рассчитайте барическую тенденцию и дайте прогноз погоды.

Задача 10

При постоянном давлении 750 мм рт. ст. и температуре +15°C верхняя граница облаков находится на высоте, где давление составляет 650 мм рт. ст. Рассчитайте высоту облаков.

Задача 11

В горной котловине давление на 15 мм рт. ст. ниже, чем на окружающих склонах. Объясните причину и влияние на местный климат.

Задача 12

Лента барографа за сутки сместилась на 2 мм по вертикали. Как откалибровать прибор, если ртутный барометр показывает постоянное давление 755 мм рт. ст.?

Задача 13

При подъеме в горы до высоты, где давление составляет 550 мм рт. ст., у человека участилось дыхание. Объясните физиологическую причину и рассчитайте парциальное давление кислорода.

Задача 14

Разность давления между центром циклона (735 мм рт. ст.) и антициклона (780 мм рт. ст.) составляет 500 км. Рассчитайте средний барический градиент.

Задача 15

В тропиках суточная амплитуда давления достигает 4 мм рт. ст., в умеренных широтах - 1-2 мм рт. ст. Объясните географические причины различий.

Задача 16

Давление падает со скоростью 1.5 мм рт. ст./час. Дайте прогноз погоды на ближайшие 6-12 часов.

Задача 17

Самолет использует барометрический высотомер. При взлете давление было 760 мм рт. ст., в полете - 560 мм рт. ст. Рассчитайте высоту полета.

Задача 18

Анероид откалиброван при +20°C. При температуре -10°C его показания завышены на 1 мм рт. ст. Объясните причину и способ компенсации.

Задача 19

Барограф зафиксировал колебание давления с амплитудой 2 мм рт. ст. и периодом 2 часа. С чем могут быть связаны такие кратковременные колебания?

Задача 20

Многолетняя средняя величина давления для станции составляет 746 мм рт. ст. В текущем месяце среднее давление 742 мм рт. ст. Является ли это аномалией?

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

При барическом градиенте 1 мм рт. ст./100 км скорость геострофического ветра составляет 10 м/с. Как изменится скорость ветра при градиенте 2 мм рт. ст./100 км?

Задача 2

При снижении давления с 760 до 730 мм рт. ст. как изменится интенсивность испарения с водной поверхности при постоянной температуре?

Задача 3

У подножия горы давление 760 мм рт. ст., на высоте снеговой линии - 550 мм рт. ст. Рассчитайте высоту снеговой линии.

Задача 4

На расстоянии 50 км давление изменяется с 755 до 758 мм рт. ст. Рассчитайте барический градиент и ожидаемое направление ветра.

Задача 5

В горной долине амплитуда суточного хода давления в 2 раза больше, чем на равнине. Объясните орографические причины.

Задача 6

При снижении давления с 770 до 750 мм рт. ст. как изменится точка росы при постоянной абсолютной влажности?

Задача 7

Рассчитайте высоту, на которую нужно подняться, чтобы давление уменьшилось на 1 мм рт. ст. при температуре +10°C.

Задача 8

Давление падает со скоростью 3 мм рт. ст./час. Оцените вероятность штормового ветра и интенсивных осадков.

Задача 9

В глубине леса давление на 0.5 мм рт. ст. ниже, чем на открытой местности. Объясните причину.

Задача 10

При снижении давления с 760 до 700 мм рт. ст. как изменится интенсивность фотосинтеза у растений?

Задача 11

При прохождении теплого фронта давление постепенно падает, затем стабилизируется. Объясните барическую тенденцию перед фронтом и после его прохождения.

Задача 12

При постоянном давлении 750 мм рт. ст. и температуре +20°C точка росы +15°C. Рассчитайте высоту уровня конденсации.

Задача 13

При снижении давления на 20 мм рт. ст. как изменится транспирация у сельскохозяйственных культур?

Задача 14

В зимний антициклон давление достигает 790 мм рт. ст. Рассчитайте, насколько это значение превышает климатическую норму для данной местности.

Задача 15

На наветренном склоне горы давление выше, чем на подветренном. Объясните динамическую причину этого явления.

Задача 16

В высокогорье при давлении 550 мм рт. ст. вода кипит при 90°C. Как это влияет на время приготовления пищи?

Задача 17

Рассчитайте скорость ветра при барическом градиенте 1.5 мм рт. ст./100 км на широте 45°.

Задача 18

В ясную погоду суточный ход давления выражен четко, в пасмурную - сглажен. Объясните метеорологические причины.

Задача 19

При снижении давления как изменится скорость диффузии CO_2 в листьях растений?

Задача 20

Проанализируйте синоптическую ситуацию: давление падает с 765 до 755 мм рт. ст. за 12 часов, температура повышается с +5 до +10°С, ветер усиливается до 8 м/с. О прохождении какого атмосферного фронта свидетельствуют эти данные?

Практическая работа № 7
ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ. БАРОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Приборы:

- анероид с поверочным свидетельством.

Атмосферное давление является одним из важнейших элементов в жизни человека и его хозяйственной деятельности.

Изменения атмосферного давления во времени отражают особенности развития погоды. Давление воздуха в сельском хозяйстве измеряют главным образом для следующих целей: при барометрических нивелировках местности, при краткосрочных предсказаниях погоды по местным признакам.

Атмосферное давление меняется с высотой, в связи с изменением веса столба воздуха, оказывающего давление на единицу поверхности:

Закономерность изменения давления воздуха с высотой выражается барометрической формулой Бабине:

$$H = \frac{8000 \times 2(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} \times (1 + aT)$$

где: Н-превышение между двумя точками: P_1 и P_2-давление воздуха соответственно на нижней и верхней точках; а-коэффициент расширения воздуха, равный $0{,}00366 = 0{,}004\frac{1}{град}$, Т-средняя температура воздуха между нижней и верхней точками.

Пользуясь барометрической формулой, можно определить многие величины, связанные с давлением, высотой и температурой.

В практике сельского хозяйства формулой Бабине пользуются для определения превышения между двумя точками. Это особенно нужно в точках, малодоступных для проведения геодезического нивелирования.

При нивелировании в точках определяют атмосферное давление и температуру воздуха прибором анероидом. Анероид в переводе на русский язык означает «безжидкостный».

Приемной частью анероида является мембранная коробка, состоящая из двух гофрированных круглых мембран. Мембранная коробка герметична, воздух из нее выкачен.

Один конец коробки соединен с пружиной, а другой-с металлическим плато. При увеличении давления воздуха мембрана сжимается. Это сжатие передается через систему рычагов на ось стрелки, стрелка движется относительно круговой шкалы в сторону увеличения давления. При уменьшении давления коробка расслабляется и стрелка движется в сторону уменьшения давления.

Деления даны в мм рт. ст., в мб или в Па.

Соотношение между единицами таково:

1 мб -0,75 мм;

1 мм -1,33 мб

Мб = $133\frac{Н}{м^2}$=133 Па

1 мб=$100\frac{Н}{м^2}$ -= 100 Па.

В настоящее время выпускают беспружинные анероиды.

Роль пружины в них выполняют мембраны-коробки (от 3 до 6 штук). К шкале анероида прикреплен термометр.

В показания анероида вводят три поправки:

а) на шкалу;

б) на температуру;

в) добавочную.

Поправка на шкалу вызвана тем, что в анероидах используют стандартные шкалы. Однако в каждом анероиде могут быть свои инструментальные неточности, в результате чего показания анероида не совпадают с истинным давлением.

Сравнивая показания анероида с точным ртутным барометром, вводят шкаловые поправки для всей шкалы.

Поправка на температуру вызывается изменением упругости пружины и коробки от изменения температуры. Для этого к каждому анероиду вычисляется коэффициент изменения давления при изменении температуры на 1°С.

Для приведения показаний анероида к температуре 0° необходимо указанную поправку умножить на температуру прибора.

Добавочная поправка вызывается остаточной деформацией коробки и пружины при пользовании анероидом.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип действия анероида и зарисовать схему его действия. Обратить внимание на цену деления шкалы, на единицы измерения и поверочное свидетельство.

2. Пользуясь анероидом, определите давление с точностью до 0,1 мм рт. ст. или до 0,1 мб и температуру до 1 °С на нижнем этаже здания института (P_1, T_1) и на верхнем этаже (P_1, P_2). Измерения сделайте не менее двух раз.

3. Найдите средние показания давления и температуры для нижнего и верхнего этажей.

4. Пользуясь поверочным свидетельством к анероиду, внесите в полученные средние отсчеты давления (P_1, P_2) поправки:

а) шкаловую,

б) температурную,

в) добавочную.

5. По формуле Бабине вычислите превышение (в м) этих уровней. Результаты измерений внесите в таблицу 33.

Таблица 33

Результаты измерений

Уровня измерении	Давление по анероиду			Температура, град.	Поправки к давлению			Исправленные давления	Высота, м
	1-й от счет	2-й от счет	среднее зна-чение '		шкаловая	темпера турная	добавочн ая		
Нижний P_1									
Верхний P_2					---				

Контрольные вопросы

1. Почему изменяется давление атмосферы с изменением высоты?
2. В каких единицах измеряется атмосферное давление и как перейти от одних единиц измерения к другим?
3. Как устроен анероид и каков принцип его действия?
4. Какие поправки вводятся в показания анероида и почему?
5. По какой формуле вычисляется превышение между двумя уровнями?

Ситуационные задачи

Задача 1

Поверочное свидетельство анероида указывает поправку +1.5 гПа. При измерении давления прибор показывает 1005.0 гПа. Каково действительное значение давления?

Задача 2

Анероид откалиброван при +20°C. При температуре -10°C его показания составляют 985 гПа. Рассчитайте температурную поправку, если коэффициент температурного расширения составляет $0.00005°C^{-1}$.

Задача 3

На метеостанции, расположенной на высоте 350 м над уровнем моря, анероид показывает 965 гПа. Рассчитайте давление на уровне моря.

Задача 4

У подножия горы давление составляет 1013 гПа, на вершине - 850 гПа. Рассчитайте высоту горы, используя барометрическую формулу.

Задача 5

Между двумя пунктами, расположенными на расстоянии 50 км, разность давлений составляет 5 гПа. Рассчитайте горизонтальный барический градиент.

Задача 6

При пятикратном измерении давления анероидом получены значения: 1002.3, 1002.5, 1002.1, 1002.7, 1002.4 гПа. Рассчитайте среднее значение и оценку погрешности.

Задача 7

Анероид зафиксировал изменение давления с 1010 гПа в 10:00 до 1007 гПа в 16:00. Рассчитайте барическую тенденцию и дайте прогноз погоды.

Задача 8

При относительной влажности 90% показания анероида нуждаются в поправке на влажность. Рассчитайте величину поправки для давления 1000 гПа при температуре +20°C.

Задача 9

На первом этаже здания давление составляет 1010 гПа, на крыше - 1007 гПа. Рассчитайте высоту здания.

Задача 10

При температуре +15°C рассчитайте высоту, на которой давление уменьшается на 1 гПа.

Задача 11

Ртутный барометр показывает 762 мм рт. ст., анероид - 1015 гПа. Рассчитайте поправку для анероида.

Задача 12

При давлении 950 гПа вода кипит при 98°C. Рассчитайте, при каком давлении точка кипения будет 100°C.

Задача 13

Рассчитайте давление на высоте 1500 м, если на уровне моря оно составляет 1013 гПа и температура +10°C.

Задача 14

За 3 часа давление изменилось с 1005 до 998 гПа. Рассчитайте барическую тенденцию и оцените вероятность осадков.

Задача 15

При барическом градиенте 2 гПа/100 км рассчитайте скорость геострофического ветра на широте 55°.

Задача 16

При постоянном давлении 1000 гПа и температуре +20°C верхняя граница облаков находится на высоте, где давление составляет 800 гПа. Рассчитайте высоту облаков.

Задача 17

При подъеме на высоту, где давление составляет 700 гПа, рассчитайте парциальное давление кислорода.

Задача 18

На наветренном склоне горы давление составляет 950 гПа, на подветренном - 930 гПа. Объясните причину различия.

Задача 19

При снижении давления с 1013 до 900 гПа рассчитайте, как изменится плотность воздуха при постоянной температуре.

Задача 20

Используя барометрическую формулу, рассчитайте давление на высоте 2000 м, если на уровне моря давление 1013 гПа и температура +15°C.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

При снижении давления с 1013 до 950 гПа рассчитайте, как изменится интенсивность испарения с водной поверхности.

Задача 2

Разность давлений между подножием и вершиной горы составляет 150 гПа. Рассчитайте высоту горы при средней температуре +5°C.

Задача 3

В зимнем антициклоне давление достигает 1040 гПа. Рассчитайте, насколько это значение превышает нормальное атмосферное давление.

Задача 4

При снижении давления на 50 гПа рассчитайте, как изменится транспирация у растений.

Задача 5

В тропиках суточная амплитуда давления достигает 4 гПа. Объясните причины большей амплитуды по сравнению с умеренными широтами.

Задача 6

При повышении температуры от -10°С до +20°С рассчитайте, как изменится давление на одной и той же высоте.

Задача 7

У подножия склона давление 1000 гПа, на вершине - 980 гПа. Рассчитайте высоту склона и уклон в процентах.

Задача 8

При снижении давления с 1013 до 900 гПа рассчитайте, как изменится интенсивность фотосинтеза.

Задача 9

В центре циклона давление 980 гПа, на периферии - 1000 гПа при радиусе 300 км. Рассчитайте средний барический градиент.

Задача 10

В высокогорье вода кипит при 90°С. Рассчитайте давление и высоту местности.

Задача 11

При подъеме на высоту 3000 м рассчитайте, как изменится плотность воздуха по сравнению с уровнем моря.

Задача 12

При прохождении теплого фронта давление падает со скоростью 1.5 гПа/час. За сколько часов давление снизится с 1010 до 1000 гПа?

Задача 13

При снижении давления на 100 гПа рассчитайте, как изменится скорость диффузии газов в растениях.

Задача 14

На уровне моря давление 1013 гПа, на высоте h - 800 гПа. Рассчитайте h при температуре +10°С.

Задача 15

При барометрическом нивелировании в горной местности необходима орографическая поправка. Рассчитайте ее величину для склона крутизной 20°.

Задача 16

При давлении 800 гПа рассчитайте парциальное давление кислорода и оцените влияние на дыхание животных.

Задача 17

Рассчитайте скорость ветра при барическом градиенте 3 гПа/100 км на широте 45°.

Задача 18

При относительной влажности 80% рассчитайте поправку к показаниям анероида для давления 1000 гПа.

Задача 19

У подножия температура +20°С, на вершине +5°С. Давление у подножия 1010 гПа. Рассчитайте высоту вершины.

Задача 20

При барометрическом нивелировании получены данные: у подножия P_1 = 1010 гПа, t_1 = +15°С; на вершине P_2 = 850 гПа, t_2 = +5°С. Рассчитайте высоту горы и оцените точность определения высоты.

Практическая работа № 8
ИЗМЕРЕНИЕ ОСАДКОВ

Приборы:

1. осадкомер Третьякова,
2. дождемер Давитая,
3. плювиограф.

Место выполнения: метеоплощадка и лаборатория-

Осадками называют воду, выпадающую в жидком или твердом виде на поверхность земли и наземные предметы из облаков и из воздуха вследствие конденсации содержащегося в нем водяного пара.

Осадки очень сильно изменяются во времени и пространстве. Поэтому для правильного суждения об условиях увлажнения сельскохозяйственных полей в конкретном году необходимо измерять осадки в каждом отдельном хозяйстве и на отдельных полях.

Учет режима выпадения осадков необходим для обоснования мелиоративных мероприятий, технологии возделывания сельскохозяйственных культур, определения сроков и способов их уборки и т. д.

Осадки измеряются толщиной слоя воды в миллиметрах или сантиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности от выпавших осадков при отсутствии просачивания в землю, стекания и испарения этих осадков.

Для практических целей часто приходится выражать количество осадков в $м^3$/га. Запас воды (О), выпавшей на 1 га, будет равен:

$$О = 10000 \frac{м^2}{га} \times \frac{H}{1000} м = 10 \times H \frac{м^3}{га}$$

Где Н - количество осадков, выраженное в мм.

Следовательно, для выражения осадков в $м^3$/га надо количество их в миллиметрах умножить на 10.

Приборы для измерения осадков

Осадкомер Третьякова.

Рис.138. Осадкомер Третьякова

Осадкомер Третьякова состоит из двух сменных ведер, тагана для установки ведра, планочной защиты и измерительного стакана.

Приемная площадь ведра 200 $см^2$ находится на высоте 2 м. Ветровая защита состоит из 16 планок. Для смены ведер около осадкомера строится подставка.

Объем воды, взятой из ведра, выливается в измерительный стакан (одно деление равно 0,1 мм осадков). Если измерительный стакан осадкомера отсутствует, то используют любую мензурку. Величина осадков, выраженная в см, будет равна объему воды ($см^3$), деленному на площадь ведра (200 $см^2$). Если осадки были в виде снега, то их предварительно плавят при комнатной температуре.

Дождемер Давитая применяется для измерения жидких осадков. Он представляет собой стакан с расширенной верхней частью.

Приемная площадь дождемера 30 см^2. На стенки стакана нанесены деления в мм. Для учета осадков среди растений его устанавливают на почву.

Плювиограф

Рис. 139.Плювиограф

Плювиограф служит для непрерывной записи выпадающих осадков. При помощи этого прибора может быть измерено общее количество осадков, выпавших за определенное время, и их интенсивность в мм/мин

Плювиограф состоит из дождемерного сосуда с приемной площадью 500 см^2. Осадки из ведра поступают в сосуд, внутри которого имеется металлический поплавок с выступающей осью и стрелкой, заканчивающейся пером.

Сбоку сосуда имеется трубка с сифоном. Рядом с сосудом укреплен на оси барабан с часовым механизмом. На барабане крепится бумажная лента-плювиограмма.

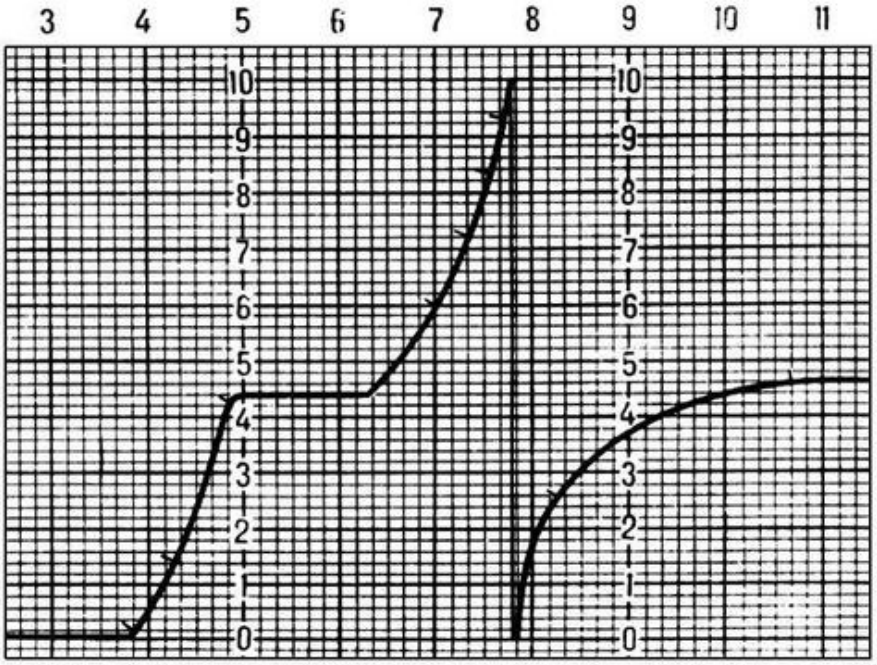


Рис. 140. Лента-плювиограмма

Горизонтальные линии на ленте-плювиограмме соответствуют количеству осадков, вертикальные - соответствуют времени. Горизонтали проведены через 0,1 мм, а вертикали-через 10 минут.

При выпадении жидких осадков поплавок сосуда 1 начинает подниматься, а перо, связанное с осью поплавка, будет писать на ленте кривую. Как только осадки заполнят сосуд, начинает действовать сифон. Вода через сифон выливается в ведро. На ленте в этот момент чертится вертикальная линия.

По записи на ленте отмечается время начала и конца дождя, можно отсчитать количество осадков за каждый час, вычислить сумму осадков и определить интенсивность дождя в одну минуту.

Порядок выполнения работы

Часть 1.

1. Изучите Осадкомер Третьякова. Научитесь пользоваться этим прибором.

2. Из ведра осадкомера вылейте осадки в мерный цилиндр и определите количество осадков с точностью до 0,1 мм. Если нет мерного цилиндра, то вылейте осадки в мензурку и определите их объем в куб. см.

Зная объем воды в цилиндре (М) и площадь поверхности осадкомера (С=200 см^2), по формуле:

$$\text{Н} = \frac{\text{М}}{\text{С}} \times 10$$

3. Определите количество осавдков Н в мм.

4. По количеству осадков, выраженному в мм, определите запас воды в м^3/га (или в т/га).

5. Результаты измерений осадков занесите в таблицу 34.

Таблица 34

Результаты измерений

Объём осадков М (см^3)	Площадь ведра осадкомера С (см^2)	Количество осадков Н (мм)	Запас воды $0\frac{\text{м}^3}{\text{га}}$

Часть 2.

1. Изучить устройство и принцип действия плювиографа. Зарисуйте его и научитесь читать плювиограмму.

2. Снимите ленту с барабана плювиографа и обработайте ее в таком порядке:

а) определите время начала и конца дождя;

б) в таблицу занесите количество осадков, выпавших за каждый час. Для этого считают, на сколько делений поднялась кривая за 1 час.

Цена одного деления 0,1 мм;

в) вычислите максимальную интенсивность дождя (в мм!мин).

Для этого количество осадков за 1 час делят па 60 мин.;

г) определите сумму осадков, выпавших за сутки;

д) полученные результаты занесите в таблицу 35.

Таблица 35

Результаты измерений

Станция

Дата

Часы	19 20	20 21	21 22	22 23	23 24	24 1	1 2	2 3	3 4	4 5	5 6	6 7	и т. д.
Осадки (мм)													
Максимальн. интенсивн.													
Сумма (мм)													

Контрольные вопросы

1. Что называют осадками и в каких единицах они измеряются?

2. Какое значение имеют осадки для сельскохозяйственного производства? ■

3. Укажите основные приборы, применяемые для измерения осадков в разное время года.

4. Как измерить осадки, не имея стандартных приборов?

5. Определите запасы воды на I гектаре, если известна величина осадков, выраженная в мм.

Ситуационные задачи

Задача 1

Осадкомер Третьякова установлен в 15 метрах от здания высотой 10 метров. Правильно ли выбрано место установки? Как это может повлиять на точность измерений?

Задача 2

После дождя в осадкомере Третьякова собралось 85 мл воды. Рассчитайте количество осадков в мм, если площадь приемного отверстия составляет 200 см².

Задача 3

После снегопада в осадкомере находится снег высотой 35 см. Как правильно измерить количество осадков? Рассчитайте водный эквивалент, если плотность снега составляет 0.15 г/см³.

Задача 4

Осадкомер Третьякова и дождемер Давитая установлены на одной площадке. После дождя первый показал 12 мм осадков, второй - 14 мм. Объясните возможные причины расхождения.

Задача 5

Плювиограф зафиксировал максимальную интенсивность дождя 5 мм/час в 16:00. Какое практическое значение имеет эта информация для сельского хозяйства?

Задача 6

Во время мороси в осадкомере собралось 3 мл воды за 6 часов. Рассчитайте интенсивность осадков и оцените их значимость для сельскохозяйственных культур.

Задача 7

При сильном ветре показания осадкомера Третьякова могут быть занижены на 20%. Как скорректировать измерения при скорости ветра 8 м/с?

Задача 8

На наветренном склоне горы выпало 50 мм осадков, на подветренном - 25 мм. Объясните орографический эффект и его сельскохозяйственное значение.

Задача 9

Лента плювиографа показывает резкий подъем кривой с 14:00 до 15:00, затем плато. О чем свидетельствует такая запись? Какова была интенсивность осадков?

Задача 10

На поверхности осадкомера обнаружена роса. Следует ли учитывать ее при измерении осадков? Обоснуйте ответ.

Задача 11

При поверке дождемера Давитая обнаружено, что он занижает показания на 8%. Как скорректировать данные за предыдущий месяц?

Задача 12

Плювиограф зафиксировал выпадение 15 мм осадков за 30 минут. Рассчитайте интенсивность и оцените риск эрозии почвы.

Задача 13

Высота снежного покрова составляет 60 см, плотность - 0.2 г/см³. Рассчитайте нагрузку на 1 м² и оценИте риск повреждения зимующих культур.

Задача 14

На поле площадью 10 га установлено 3 осадкомера. Показания: 20, 25, 18 мм. Рассчитайте среднее количество осадков и коэффициент вариации.

Задача 15

После града в осадкомере находятся градины. Как правильно измерить количество осадков? Чем опасен град для сельскохозяйственных культур?

Задача 16

Под пологом леса осадкомер показывает на 30% меньше осадков, чем на открытой местности. Объясните причины и следствия для водного режима.

Задача 17

В течение 15 дней в осадкомере не было осадков. Как правильно записать эти данные в журнал наблюдений?

Задача 18

Интенсивность дождя составила 2 мм/мин. Оцените риск водной эрозии почвы на склоне крутизной 5°.

Задача 19

Перо плювиографа сместилось на 2 мм за сутки при отсутствии осадков. Как откалибровать прибор?

Задача 20

За 12 часов измороси в осадкомере собралось 5 мл воды. Рассчитайте количество осадков и оцените их эффективность для увлажнения почвы.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

В котловине выпадает на 40% больше осадков, чем на окружающей территории. Объясните микроклиматические причины этого явления.

Задача 2

После снегопада высота снега составляет 45 см, плотность - 0.12 г/см³. Рассчитайте запас воды в снежном покрове.

Задача 3

После дождя выпало 10 мм осадков. За сколько дней испарится эта влага при средней температуре +20°C и скорости ветра 3 м/с?

Задача 4

Весенние осадки составили 120% от нормы. Как это может повлиять на сроки сева яровых культур?

Задача 5

С подъемом на каждые 100 м количество осадков увеличивается на 50 мм. Рассчитайте ожидаемое количество осадков на высоте 500 м, если у подножия выпало 600 мм.

Задача 6

На поверхности осадкомера образовался иней. Следует ли учитывать его при измерении осадков?

Задача 7

При пятикратном измерении осадков получены значения: 12, 14, 13, 12, 15 мм. Рассчитайте среднее значение и погрешность.

Задача 8

За вегетационный период выпало 80% от нормы осадков. Оцените возможное снижение урожайности зерновых.

Задача 9

Искусственное снегозадержание увеличило высоту снежного покрова с 30 до 50 см. На сколько процентов увеличился запас влаги?

Задача 10:

Лента плювиографа показывает периодические колебания пера при отсутствии осадков. В чем причина?

Задача 11

Интенсивность дождя 0.5 мм/мин продолжительностью 2 часа. Оцените риск эрозии на склоне крутизной 10°.

Задача 12

70% годовых осадков выпадает в летний период. Как это влияет на водный режим сельскохозяйственных культур?

Задача 13

При скорости ветра 10 м/с осадкомер Третьякова занижает показания на 25%. Как скорректировать измеренные 20 мм осадков?

Задача 14

После дождя интенсивность фотосинтеза увеличилась на 15%. Объясните причины.

Задача 15

При вертикальном градиенте температуры 0.6°C/100 м рассчитайте вероятность образования орографических осадков.

Задача 16

Морось продолжалась 8 часов, интенсивность 0.2 мм/час. Рассчитайте общее количество осадков.

Задача 17

Высокая влажность после дождей способствует развитию грибных заболеваний. При каких условиях риск наибольший?

Задача 18

Снегомерная съемка показала запас воды 120 мм, а осадкомер - 100 мм. Рассчитайте поправочный коэффициент.

Задача 19

За месяц выпало 50 мм осадков. Нужно ли проводить дополнительный полив при норме 80 мм?

Задача 20

Проанализируйте данные: интенсивность дождя 1.5 мм/мин, продолжительность 40 мин, скорость ветра 6 м/с. Оцените количество осадков, риск эрозии и эффективность увлажнения.

Практическая работа № 9
ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СНЕГА И ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ

Приборы:

1. весовой снегомер,
2. постоянные снегомерные рейки,
3. переносная снегомерная рейка.

Место выполнения: метеоплощадка.

Снег, выпадающий при отрицательных температурах на земную поверхность, образует снежный покров, который оказывает большое влияние на тепловой и водный режимы почвы и воздуха.

Для правильного суждения о влиянии снежного покрова на перезимовку и продуктивность зимующих культур, для вычисления запасов воды в нем необходимо производить на полях или садах снегомерные съемки.

Состояние снежного покрова характеризуют его высотой (в см), плотностью (г/см^3) и характером залегания на территории поля или сада.

Плотность снежного покрова - это отношение массы пробы снега к ее объему.

Плотность снега вычисляют с точностью до 0,001 г/см^3 с дальнейшим округлением до 0,01 г/см^3. Из практики известно, что в конце зимы необходимо накопить в садах снег высотой 50-70 см при его плотности 0,25-0,30 г/см^3.

Высота снежного покрова вычисляется как среднее арифметическое из отсчетов по трем рейкам, установленным на метеоплощадке. При маршрутных съемках снежного покрова высоту снега измеряют переносной рейкой**.**

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

Для определения плотности снега пользуются походным весовым снегомером. Снегомер состоит из металлического цилиндра высотой 60 см.

Нижний край его заточен, а верхний край закрыт крышкой. На боковой поверхности цилиндра нанесены деления в см. Поперечное сечение цилиндра равно 50 см^2. Второй частью снегомера служит безмен. Вдоль длинного плеча безмена перемещается груз с указателем в виде штриха.

Если на безмен подвешен цилиндр без снега, то при равновесии штрих на подвижном грузе стоит против нулевого деления. На длинном плече нанесены деления от 0 до 30. Цифры, нанесенные на плече, означают десятки. Одно деление безмена соответствует 5 г.

Рис. 141. Переносная рейка

Измерение плотности снега

За полчаса до наблюдений снегомер выносят из помещения. Проверяют равновесие снегомера. Затем цилиндр погружают в снег заточенным краем до соприкосновения с поверхностью почвы и отсчитывают высоту снежного покрова по шкале, нанесенной на внешней стороне цилиндра.

После этого лопаткой, входящей в комплект снегомера, очищают снег с одного бока снегомера, а затем аккуратно подсовывают лопатку под цилиндр таким образом, чтобы весь снег, заключенный в цилиндре, остался внутри него.

Не отнимая лопатки, вынимают цилиндр и переворачивают его крышкой вниз. Подвешивают снегомер за душку и взвешивают его. Записывают деление линейки, против которого установилась риска грузика.

Плотность снега вычисляется следующим образом. Пусть высота взятой пробы равна Н см, а число делений весов п. Объем взятого снега М=50 х Н $см^3$, где 50 -- площадь сечения цилиндра в квадратных сантиметрах, масса снега М = 5г, где 5-цена деления весов в граммах. Тогда плотность снега (Р) определится по формуле:

$$Р = \frac{М}{50Н} = \frac{5п}{50Н} = \frac{п}{10Н} = г/см^3$$

При определении плотности снега делают три измерения на одном месте и плотность вычисляют как среднее из них.

На основании данных, используемых для определения плотности снега, можно получить и высоту слоя воды Нв, который образовался бы при полном таянии снежного покрова.

Вес воды взятой пробы равен 5г, в то же время 5п есть объем воды (так как плотность воды равна единице). Следовательно, если объем в $см^3$ разделить на площадь в $см^2$ и умножить на 10, можно получить высоту слоя воды (в мм).

$$Н_в = \frac{5п}{50} \times 10 = п \text{ (мм)}$$

Таким образом, число делений, отсчитанных по весам снегомера, как раз равно количеству воды в миллиметрах слоя.

Запас воды В, выраженный в кубических метрах на площади в 1 гектар, равен произведению площади (1 га = 10000 $м^2$) на высоту слоя воды, выраженную в метрах (п мм = 0.001 пм). Тогда объем воды будет равен В = 10000 $м^2$,га х 001 п м=10 п $м^3$га. Этот вывод показывает, что для вычисления запасов воды в $м^3$ на гектар следует показания безмена умножить на 10.

Снегомерную съемку производят при помощи переносной рейки и весового снегомера. Средняя величина высоты снежного покрова (ср.) определяется как средняя арифметическая величина нескольких измерений.

Порядок выполнения работы

1. Составьте краткое описание снегомера и зарисуйте его.
2. В лаборатории проведите тренировочную работу по правилам измерения снежного покрова весовым снегомером (цифры на линейке безмена означают десятки).
3. Взвесьте пустой цилиндр и запишите нулевой отсчет.
4. На метеоплощадке подберите ровную поверхность снега, погрузите цилиндр до земли и измерьте по цилиндру высоту снежного покрова (Н см).
5. Взвесьте пробу снега (п делений).
6. Повторите измерения не менее трех раз.

7. По формуле $P = \frac{п}{10H}$ определите плотность снежного покрова (г/см^3)

8. Вычислите толщину слоя в мм (Н мм=п делений).

9. Вычислите запас воды и заполните таблицу 36

Таблица 36

Результаты измерений

№ измерения	Высота снежного покрова Н (см)	Отсчет по безмену с учетом пулевого деления п (дел.)	Плотность снега Р г/см^3	Толщина слоя волы Нв (мм)	Запас воды в (м^3/ га)
1					
2					
3					
Среднее					

Контрольные вопросы

1. Какое значение имеет снежный покров в сельскохозяйственном производстве?

2. Какими величинами характеризуется снежный покров?

3. Что такое плотность снега и по какой формуле она рассчитывается?

4. Как устроен весовой снегомер?

5. Расскажите, как по показаниям снегомера можно получить высоту слоя воды в мм и запасы в м^3|га.

Ситуационные задачи

Задача 1

При измерении высоты снежного покрова постоянная снегомерная рейка показала 65 см, а переносная рейка на том же месте - 60 см. Объясните возможные причины расхождения. Какой метод дает более точные результаты для расчета запаса воды?

Задача 2

Проба снега объемом 500 см³ имеет массу 150 г. Рассчитайте плотность снега и запас воды в снежном покрове высотой 80 см.

Задача 3

На поле площадью 5 га проведены измерения в 10 точках. Высота снега: 50, 55, 60, 45, 70, 65, 40, 75, 50, 55 см. Рассчитайте среднюю высоту и коэффициент вариации. Как это влияет на точность определения запаса воды?

Задача 4

В течение зимы проводились регулярные измерения. В декабре высота снега 30 см, плотность 0.15 г/см³; в феврале - 60 см, плотность 0.25 г/см³. Рассчитайте изменение запаса воды и объясните причины увеличения плотности.

Задача 5

На открытом поле высота снега 40 см, плотность 0.30 г/см³; в лесополосе - 70 см, плотность 0.20 г/см³. Объясните различия и рассчитайте запас воды для обоих мест.

Задача 6

В снежном покрове высотой 90 см плотность изменяется с глубиной: 0-30 см - 0.15 г/см³, 30-60 см - 0.22 г/см³, 60-90 см - 0.28 г/см³. Рассчитайте среднюю плотность и общий запас воды.

Задача 7

При пятикратном измерении плотности снега получены значения: 0.23, 0.25, 0.22, 0.24, 0.26 г/см³. Рассчитайте среднюю плотность и погрешность определения.

Задача 8

После оттепели плотность снега увеличилась с 0.20 до 0.28 г/см³ при той же высоте покрова. Как изменился запас воды? Рассчитайте в процентах.

Задача 9

На водосборе площадью 100 км² средняя высота снега 60 см, средняя плотность 0.25 г/см³. Рассчитайте общий запас воды в снежном покрове.

Задача 10

Запас воды в снеге составляет 150 мм. Рассчитайте ожидаемый объем стока при коэффициенте 0.85.

Задача 11

На северном склоне высота снега 80 см, плотность 0.22 г/см³; на южном - 50 см, плотность 0.30 г/см³. Объясните различия и рассчитайте запас воды для каждого склона.

Задача 12

За месяц высота снега увеличилась с 40 до 60 см, а плотность - с 0.18 до 0.24 г/см³. Рассчитайте изменение запаса воды и суточное накопление.

Задача 13

В точке измерения высота снега 70 см, плотность 0.26 г/см³. Рассчитайте запас воды и оцените, насколько репрезентативно это значение для поля площадью 10 га.

Задача 14

На пашне высота снега 50 см, плотность 0.28 г/см³; на многолетних травах - 65 см, плотность 0.22 г/см³. Рассчитайте запас воды и объясните различия.

Задача 15

При измерении плотности снега весовым снегомером было отобрано 3 пробы: 0.24, 0.26, 0.25 г/см³. Как обработать эти данные для расчета запаса воды?

Задача 16

По данным снегомерной съемки: 20% площади - высота 40 см, 50% - 60 см, 30% - 80 см. Средняя плотность 0.25 г/см³. Рассчитайте средневзвешенный запас воды.

Задача 17

После дождя на снегу образовалась ледяная корка толщиной 2 см. Как это повлияет на точность измерений плотности снега?

Задача 18

После проведения снегозадержания высота снега увеличилась с 50 до 70 см, плотность уменьшилась с 0.28 до 0.23 г/см³. Рассчитайте изменение запаса воды.

Задача 19

Запас воды в снеге 120 мм. Рассчитайте возможную инфильтрацию в почву при коэффициенте поверхностного стока 0.2.

Задача 20

Глубина промерзания почвы под снегом 50 см. Рассчитайте, как изменится промерзание при увеличении высоты снега с 30 до 60 см.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

Постоянная снегомерная рейка показывает 55 см, переносная на том же месте - 52 см. Объясните причины расхождения и какую высоту использовать для расчетов.

Задача 2

В течение зимы плотность снега увеличилась с 0.15 до 0.27 г/см³. Объясните физические процессы, вызывающие уплотнение снега.

Задача 3

На открытом месте высота снега 35 см, плотность 0.32 г/см³; в микропонижении - 95 см, плотность 0.19 г/см³. Рассчитайте запас воды для обоих мест.

Задача 4

Запас воды в снеге составляет 110 мм. Рассчитайте, насколько это обеспечит влагой яровую пшеницу с нормой водопотребления 3000 м³/га.

Задача 5

При проведении снегомерной съемки сделано 20 измерений. Средняя высота 55 см, средняя плотность 0.24 г/см³. Рассчитайте ошибку определения запаса воды при доверительной вероятности 0.95.

Задача 6

В балке высота снега 90 см, плотность 0.18 г/см³; на водоразделе - 45 см, плотность 0.29 г/см³. Объясните различия и рассчитайте средний запас воды.

Задача 7

За время оттепели высота снега уменьшилась с 70 до 50 см, а плотность увеличилась с 0.20 до 0.30 г/см³. Рассчитайте изменение запаса воды.

Задача 8

В точке измерения запас воды 140 мм. Оцените, с какой точностью это значение представляет поле площадью 20 га при пространственной изменчивости 15%.

Задача 9

Глубина промерзания почвы под снегом 40 см. Рассчитайте, как изменится температура почвы при увеличении высоты снега с 20 до 60 см.

Задача 10

На водосборе установлено 5 постоянных снегомерных реек. Данные за месяц: высоты 60, 55, 70, 65, 50 см. Рассчитайте среднюю высоту и ошибку средней.

Задача 11

После дождя на снегу образовался слой льда толщиной 3 см плотностью 0.85 г/см³. Как учесть это при расчете общего запаса воды?

Задача 12

Расстояние между точками измерения 100 м. Высоты снега: 60 и 62 см. Рассчитайте коэффициент пространственной корреляции.

Задача 13

Запас воды в снеге 180 мм. Рассчитайте ожидаемый объем стока с водосбора площадью 50 км² при коэффициенте стока 0.75.

Задача 14

При температуре -5°C плотность свежевыпавшего снега 0.08 г/см³. Рассчитайте, как изменится плотность через месяц при средней температуре -10°C.

Задача 15

При измерении плотности снегомером не была учтена подстилающая поверхность. Как это может повлиять на точность определения плотности?

Задача 16

Высота снега 70 см. Рассчитайте, как изменится температура почвы на глубине 20 см по сравнению с бесснежным периодом.

Задача 37

После установки снегозадерживающих щитов высота снега увеличилась на 40%. Как изменится запас воды при исходной плотности 0.22 г/см³?

Задача 18

Запас воды в снеге 160 мм. Рассчитайте продолжительность снеготаяния при интенсивности 5 мм/сутки.

Задача 19

Запас воды в снеге 130 мм. Рассчитайте, насколько увлажнится почва на глубине 0-50 см при полном впитывании.

Задача 20

На поле проведена снегомерная съемка: средняя высота 65 см, средняя плотность 0.25 г/см³, коэффициент вариации 15%. Рассчитайте запас воды с доверительным интервалом при вероятности 0.95. Оцените обеспеченность влагой яровой пшеницы с нормой водопотребления 3500 м³/га.

Практическая работа № 10
ИЗМЕРЕНИЕ СУММАРНОЙ И ОТРАЖЕННОЙ РАДИАЦИИ. ВЫЧИСЛЕНИЕ АЛЬБЕДО ПОВЕРХНОСТИ

Приборы:

1. альбедометр Янишевского,
2. гальванометр ГСА-1,
3. проводники.

Энергия, излучаемая Солнцем, называется **солнечной радиацией**.

Солнечная радиация является основным источником энергии почти для всех природных процессов, происходящих на Земле, и одним из главных климатообразующих

Рост и развитие сельскохозяйственных культур представляет собой также процесс усвоения и переработки солнечной энергии, поэтому возделывание различных культур возможно только при определенном минимуме поступления солнечной радиации.

Прямая радиация-это солнечная радиация, поступающая непосредственно от Солнца на поверхность в виде параллельного пучка лучей перпендикулярно к этой поверхности.

Она измеряется интенсивностью В (Дж/м^{2}с)

Инсоляция. Прямая солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, называется **инсоляцией**.

Рассеянная радиация (Д)-часть солнечной энергии, которая поступает на земную поверхность после рассеяния ее атмосферой и взвешенными в ней частицами.

В состав рассеянной радиации входит также радиация, отраженная различными предметами (строения, деревья, горы и т. д.).

Суммарная радиация Q. Сумма прямой и рассеянной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, представляет собой суммарную солнечную радиацию.

Отраженная радиация (R). Суммарная радиация, дошедшая до земной поверхности, частично отражаясь от нее, создает отраженную радиацию, направленную от земной поверхности в атмосферу. Остальная часть суммарной солнечной радиации поглощается земной поверхностью.

Альбедо (А). Отношение отраженной от земной поверхности радиации к суммарной падающей радиации называется **альбедо**.

$$A = \frac{R}{Q} \times 100\ \%$$

Величина альбедо характеризует отражательную способность земной поверхности. Она выражается в долях единицы или в процентах.

Отражательная способность поверхности зависит от ее свойств: цвета, шероховатости,, влажности, наличия растительности и т. д.

На метеорологических станциях и в полевых условиях для измерения интенсивности рассеянной и суммарной радиации применяют пиранометры. Отражательная способность поверхности измеряется альбедометрами.

В метеорологии в настоящее время наблюдения за альбедо суши, моря и облачного покрова проводятся с искусственных спутников Земли. По величине альбедо судят о состоянии посевов в больших масштабах.

Термоэлектрический походный альбедометр, используемый при маршрутных наблюдениях, состоит из головки 1, соединенной с опрокидывающимся карданным подвесом 2 и рукояткой 3. Такое устройство обеспечивает горизонтальность приемной поверхности при повороте рукоятки.

Приемной частью альбедометра служит термобатарея из манганиновых и Константиновых пластинок, спаянных между собой последовательно. Четные спаи окрашены в черный цвет (сажей), а все нечетные-в белый цвет (магнезией). Приемная поверхность термобатареи защищена от возможных повреждений стеклянным колпачком 1. Вся эта система называется головкой альбедометра.

Рис. 142. Альбедометр

Темные спаи, поглощая больше радиации, чем белые, будут нагреваться больше, в результате чего создается разность температур спаев. На концах соединенных термопар возникает электродвижущая сила. Регистрирующей частью служит чувствительный гальванометр ГСА-1, подключенный к клеммам альбедометра.

Величина тока в гальванометре зависит от интенсивности радиации, падающей на приемную поверхность альбедометра и от чувствительности гальванометра.

Альбедометр относится к относительным актинометрическим приборам, поэтому для него необходимо знать переводной коэффициент для перехода от единиц тока к тепловым единицам.

Гальванометр ГСА-1 имеет три клеммы: « + », «Р» и «С». Для измерения радиации слабой интенсивности альбедометр подключают к клеммам «+» и «Р», переводной коэффициент для приборов К=6,52 Дж/м^{2}с дел.

Для измерения радиации большой интенсивности в теплое время года - к клеммам « + » и «С», К=12,25 Дж/м^{2}с дел. В этом случае гальванометр подключается через добавочное сопротивление.

Рис. 143. Гальванометр ГСА-1

В нижней части корпуса гальванометра находится винт- арретир 4, который, накоротко замыкая цепь гальванометра, переводит стрелку в устойчивое состояние в походном положении гальванометра.

На крышке сверху расположен корректорный винт, с помощью которого стрелка устанавливается на нуль.

Интенсивности суммарной и отраженной радиаций определяются по формулам:

$$О = К\ (Н_с + \Delta Н_с - \frac{H^1 + H^2}{2})$$

$$R = К\ (Н_0 + \Delta Н_0 - \frac{H^1 + H^2}{2})$$

где: Нс и Но - средние величины показаний гальванометра при измерении суммарной и отраженной радиации.

$Н^1$ - начальный ток при закрытом альбедометре после измений.

$Н^2$ – начальный ток при закрытом альбедометре после измений

К - переводной коэффициент. $\Delta Н_с$ и $\Delta Н_0$шкаловые поправки.

Порядок выполнения работы

1. Начертите электрическую схему включения альбедометра в цепь.

2. Остановите гальванометр на столе и соедините его с альбедометром, соблюдая полярность.

3. Ослабьте на 1-2 оборота арретир гальванометра и, закрыв приемную часть альбедометра крышкой, снимите показание гальванометра H^1.

4. Снимите крышку приемной части альбедометра и, держа альбедометр за рукоятку, направьте приемную поверхность вверх. Снимите показание гальванометра (суммарная радиация) •

5. Для измерения отраженной радиации поверните рукоятку альбедометра так, чтобы приемная поверхность была направлена вниз. Снимите показания гальванометра, Измерения повторите 3-5 раз для каждой поверхности,

6. Закройте приемную часть крышкой и запишите начальные показатели

7. Вычислите средние значения тока при измерении сумного положение стрелки H^2. Закрутите арретир и соберите маркой и отраженной радиации (Нс и Но).

8. По значениям Нс и Но и таблице шкаловых поправок определите шкаловые поправки гальванометра.

9. По формулам $О = К\,(Н_с + \Delta Н_с - \frac{H^1+H^2}{2})$ и $R = К\,(Н_0 + \Delta Н_0 - \frac{H^1+H^2}{2})$вычислите суммарную и отраженную радиации

10. По формуле $= К\,(Н_с + \Delta Н_с - \frac{H^1+H^2}{2})$ вычислите альбедо поверхности. Результаты занесите в таблицу 36.

Таблица 36

Результаты измерений

Поверхность	Измерения	H^1 дел.	H^2 дел.	К Дж $м^2$ С	Суммарная радиация				Отраженная радиация				Альбедо
					Нс дел	Нс сред	$\Delta Н_с$	Q Дж. $М^2С$ 1	Но. дел.	$Н_0$. СРС Д дел.	$\Delta Н_0$	Р Дж. м2 с	А%
	1												
	2												
	3												

Контрольные вопросы

1. Дайте определения прямой, рассеянной, суммарной и отраженной радиаций. Укажите их размерность.

2. Что называется альбедо поверхности? Как находится альбедо поверхности?

3- Объясните устройство и принцип работы альбедометра.

4, Каков порядок измерений альбедометром при определении альбедо поверхности?

5. Какими агротехническими приемами можно изменить альбедо деятельной поверхности?

Ситуационные задачи

Задача 1

При поверке альбедометра Янишевского показания гальванометра ГСА-1 для суммарной радиации составили 25 делений, для отраженной – 5 делений. Коэффициент преобразования прибора 0.2 кал/см²·мин·дел. Рассчитайте альбедо поверхности.

Задача 2

Альбедометр был установлен под углом 30° к горизонту вместо рекомендуемого горизонтального положения. Как это повлияет на точность измерений суммарной радиации? Предложите метод коррекции.

Задача 3

В 12:00 измеренная суммарная радиация составила 1.2 кал/см²·мин, отраженная – 0.24 кал/см²·мин. В 16:00: суммарная 0.8 кал/см²·мин, отраженная 0.20 кал/см²·мин. Рассчитайте альбедо для обоих случаев и объясните разницу.

Задача 4

При сплошной облачности показания альбедометра для суммарной радиации: 15 делений, для отраженной: 4 деления. При ясном небе: 28 и 3 деления соответственно. Коэффициент прибора 0.15 кал/см²·мин·дел. Рассчитайте альбедо для обоих условий и объясните различия.

Задача 5

При подключении проводников к гальванометру ГСА-1 была перепутана полярность. Какие показания будут получены и как это повлияет на расчет альбедо?

Задача 6

Измерения проведены над свежевыпавшим снегом и черноземом. Для снега: суммарная радиация 1.0 кал/см²·мин, отраженная 0.8 кал/см²·мин. Для чернозема: суммарная 1.1 кал/см²·мин, отраженная 0.22 кал/см²·мин. Рассчитайте и сравните альбедо.

Задача 7

При высоте солнца 20° альбедо водной поверхности составило 0.35, при высоте 60° – 0.08. Объясните причину такого изменения и его климатологическое значение.

Задача 8

По данным измерений построен график суточного хода альбедо с максимумом утром и вечером и минимумом в полдень. Объясните такую динамику для растительного покрова.

Задача 9

Гальванометр ГСА-1 показывает заниженные значения на 10% по сравнению с эталонным прибором. Как это повлияет на расчет альбедо? Предложите метод коррекции.

Задача 10

После дождя альбедо почвы уменьшилось с 0.25 до 0.15. Рассчитайте, как изменится поглощенная радиация при суммарной радиации 1.5 кал/см²·мин.

Задача 11

Для пшеницы в фазе кущения альбедо составило 0.18, в фазе молочной спелости – 0.24. Объясните причины изменения и его агроклиматическое значение.

Задача 12

Альбедометр установлен на склоне южной экспозиции крутизной 15°. Как это повлияет на точность измерений? Рассчитайте поправку на угол наклона.

Задача 13

После пыльной бури альбедо снега уменьшилось с 0.85 до 0.55. Рассчитайте, как увеличится поглощение радиации снегом.

Задача 14

Летом альбедо поля составляет 0.20, зимой под снегом – 0.75. Рассчитайте изменение поглощенной радиации при зимней суммарной радиации 0.4 кал/см²·мин и летней 1.2 кал/см²·мин.

Задача 15

У гальванометра ГСА-1 смещен нуль на 2 деления. Как это повлияет на точность измерений при показаниях 20 делений? Предложите метод учета ошибки.

Задача 16

Для подсолнечника альбедо составляет 0.19, для кукурузы – 0.22. Рассчитайте разницу в поглощенной радиации при суммарной радиации 1.3 кал/см²·мин.

Задача 17

Альбедо озимой ржи изменяется от 0.18 во время вегетации до 0.25 в период созревания. Объясните причины и рассчитайте изменение поглощенной радиации.

Задача 18

Суммарная радиация 1.5 кал/см²·мин, отраженная 0.3 кал/см²·мин. Рассчитайте поглощенную радиацию и альбедо.

Задача 19

При поверке альбедометра по эталонной поверхности с альбедо 0.50 прибор показал 0.48. Рассчитайте поправочный коэффициент.

Задача 20

Альбедометр наклонен на 10° от нормали к поверхности. Рассчитайте ошибку измерения отраженной радиации.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

Для озера при высоте солнца 30° альбедо составило 0.15, при 10° – 0.40. Объясните причины и значение для теплового баланса водоемов.

Задача 2

После вспашки альбедо почвы уменьшилось с 0.25 до 0.15. Рассчитайте увеличение поглощенной радиации.

Задача 3

Максимум суммарной радиации 1.8 кал/см²·мин зарегистрирован в 12:30, максимум отраженной – 0.36 кал/см²·мин в 13:00. Объясните временной сдвиг.

Задача 4

При кучевых облаках альбедо составило 0.25, при перистых – 0.35. Объясните разницу и ее климатическое значение.

Задача 5

Альбедометр установлен на высоте 0.5 м вместо рекомендованных 1.5-2.0 м. Как это повлияет на точность измерений?

Задача 6

Для асфальта альбедо составляет 0.10, для газона – 0.25. Рассчитайте разницу в поглощенной радиации и ее влияние на городской тепловой остров.

Задача 7

При появлении снега альбедо увеличилось с 0.20 до 0.75. Рассчитайте изменение поглощенной радиации при суммарной радиации 0.5 кал/см²·мин.

Задача 8

Сопротивление проводников увеличилось на 5% из-за окисления контактов. Как это повлияет на показания гальванометра?

Задача 9

Для хвойного леса альбедо составляет 0.12, для лиственного – 0.18. Объясните причины различий.

Задача 10

В годы максимума солнечной активности суммарная радиация увеличилась на 5%. Как это повлияет на альбедо, если отраженная радиация не изменилась?

Задача 11

Альбедометр для измерения отраженной радиации был направлен не на поверхность, а на небо. Какие показания будут получены?

Задача 12

Для песчаной пустыни альбедо составляет 0.40, для каменистой – 0.25. Объясните причины различий и их климатическое значение.

Задача 13

После пожара альбедо лесной территории уменьшилось с 0.15 до 0.10. Рассчитайте увеличение поглощенной радиации.

Задача 14

Альбедо пашни изменяется от 0.15 летом до 0.70 зимой. Рассчитайте изменение поглощенной радиации при зимней суммарной радиации 0.3 кал/см²·мин и летней 1.5 кал/см²·мин.

Задача 15

По данным актинометрической станции радиационный баланс составил 0.9 кал/см²·мин, суммарная радиация 1.2 кал/см²·мин. Рассчитайте альбедо и проверьте показания альбедометра.

Задача 16

На северном склоне альбедо составило 0.22, на южном – 0.18. Объясните причины различий.

Задача 17

Для болота альбедо составляет 0.14, для открытой воды – 0.08. Объясните причины различий.

Задача 18

При засолении почвы ее альбедо увеличилось с 0.20 до 0.30. Рассчитайте изменение поглощенной радиации.

Задача 19

Измерения проведены в 17:00 вместо 12:00. Как это повлияет на точность определения среднесуточного альбедо?

Задача 20

Для агроценоза ячменя измерены: суммарная радиация 1.4 кал/см²·мин, отраженная 0.28 кал/см²·мин. Рассчитайте альбедо, поглощенную радиацию и оцените эффективность использования ФАР культурой при КПД фотосинтеза 2.5%.

Практическая работа № 11
ИЗМЕРЕНИЕ РАССЕЯННОЙ И СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Приборы:

1. Термоэлектрический пиранометр,
2. Гальванометр гса-1,
3. Проводники.

Излучение, поступающее на Землю от Солнца, называется солнечной радиацией.

Солнечная радиация служит источником энергии многих процессов, происходящих в природе.

К ним относится жизнедеятельность растений, животного мира и человека.

За счет использования солнечной энергии в зеленых клетках растения происходит синтез органических веществ, называемый фотосинтезом.

Фотосинтетическая деятельность зеленых растений на Земле громадна.

В результате фотосинтеза ежегодно образуется не менее 400 млрд тони органических веществ.

С целью повышения продуктивности фотосинтеза сельскохозяйственных растений, агроному необходимо учитывать все виды солнечной радиации и оценивать их роль в фотосинтетической деятельности растений.

Различают следующие виды радиации:

Прямая радиация - это солнечная радиация, поступающая непосредственно от Солнца на поверхность в виде параллельного пучка лучей перпендикулярно к этой поверхности.

Она измеряется интенсивностью, т. е. "количеством лучистой энергии, поступающей на единицу абсолютно черной поверхности, перпендикулярной солнечным лучам. В международной системе единиц интенсивность солнечной радиации выражается в Дж/м^2 • с.

Инсоляция. Прямая солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, называется инсоляцией.

Рассеянная радиация. Часть солнечной энергии, которая поступает на поверхность Земли после рассеяния ее атмосферой и взвешенными в ней частицами, называется рассеянной радиацией.

Интенсивность рассеянной радиации составляет десятые доли от интенсивности прямой.

В состав рассеянной радиации входит также радиация, отраженная от строений, деревьев, гор и т. д.

Суммарная радиация. Сумма прямой и рассеянной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, представляет собой суммарную солнечную радиацию.

$$О = Н_1 + Д$$

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

Приборы для измерения интенсивности прямой радиации называются актинометрами, для измерения интенсивности рассеянной и суммарной радиаций - пиранометрами.

Отражательная способность различных поверхностей измеряется альбедометрами.

Термоэлектрический пиранометр Янишевского

Рис. 144. Термоэлектрический пиранометр Янишевского

Приемной частью пиранометра служит термоэлектрическая батарея, состоящая из манганиновых и Константиновых пластинок, спаянных между собой последовательно.

Поверхность термобатареи покрыта черным цветом (сажей) и белым цветом (магнезией) так, чтобы все четные спаи были окрашены в один цвет, а нечетные - в другой.

Приемная поверхность термобатареи защищена от возможных повреждений стеклянным колпачком. Коротковолновая радиация поглощается черными спаями значительно- сильнее, чем белыми, в результате чего создается разность температур спаев. Это приводит к возникновению термоэлектродвижущей силы. Если термобатарею подключить к гальванометру, то в цепи пойдет ток.

Регистрирующей частью служит чувствительный гальванометр типа ГСА-1. Величина тока в гальванометре будет прямо пропорциональна интенсивности радиации, падающей на приемную поверхность пиранометра.

Приемная часть пиранометра закреплена на треножной подставке, имеющей установочные винты и уровень.

С наружной стороны прибора к подставке прикрепляется подвижной теневой экран.

При помощи теневого экрана термобатарея защищается от прямых солнечных лучей, и пиранометром измеряется только рассеянная радиация. Если экран отвести в сторону, то незатененная термобатарея будет фиксировать суммарную радиацию.

Пиранометр Янишевского относится к относительным актинометрическим, приборам, поэтому для него необходимо знать переводной коэффициент (К) для перехода от единиц тока к тепловым единицам.

Гальванометр ГСА-1 имеет три клеммы: «+», «Р» и «С». Для измерения радиации слабой интенсивности пиранометр подключают к клеммам «+» и «Р» (К = 6,52 Дж/м^2 • с).

Для измерения радиации большой интенсивности -- к клеммам «+» и «С», К= 12,25 Дж/м^2•с•дел.).В этом случае гальванометр подключается в цепь пиранометра через добавочное сопротивление.

В нижней части корпуса гальванометра находится винт - арретир, который, накоротко замыкая цепь гальванометра, переводит стрелку в устойчивое состояние, что необходимо в походном положении гальванометра.

На крышке сверху расположен корректорный винт, с помощью которого стрелка устанавливается на нуль.

Интенсивность рассеянной и суммарной радиации определяется по формулам:

$$Д = К\ (Н_р + \Delta Н_р - \frac{H^1 + H^2}{2})$$

$$О = К\ (Н_с + \Delta Н_с - \frac{H^1 + H^2}{2})$$

где $H_р$ и $H_с$-средние величины показаний гальванометра при измерении рассеянной и суммарной радиаций; $\Delta H_р$ и $\Delta H_с$- шкаловые поправки гальванометра;

H^1 - начальное показание гальванометра перед измерением при закрытом пиранометре;

H^2 - начальное показание гальванометра после измерения при закрытом пиранометре;

К - переводной коэффициент.

По формуле $О = H_1 + Д$ можно вычислить прямую солнечную радиацию (H_1) на горизонтальную поверхность.

Порядок выполнения работы

1. Нарисуйте электрическую схему включения пиранометра в цепь.

2. Установите гальванометр и пиранометр на столе и соедините их проводниками, соблюдая полярность. Прикрепите теневой экран.

3. Ослабьте на 1-2 оборота арретир гальванометра И, закрыв приемную часть пиранометра крышкой, запишите показание гальванометра H^1.

4. Для измерения рассеянной радиации отсчитайте показания гальванометра при затененном пиранометре ($H_р$).

5. Отведите экран в сторону, снова отсчитайте показания гальванометра $H_с$ для определения суммарной радиации, i

6. Измерения Нр и Нс производите не менее трех раз.

7. Закройте приемную часть пиранометра крышкой, снова отсчитайте показание гальванометра H^1 и заарретируйте гальванометр винтом. |

8. Вычислите среднее значение тока при измерении рассеянной Нр и суммарной Нс радиаций.

9. По средним значениям Нр и Нс из таблицы найдите шкаловые поправки Δ Нр и Д Нс.

По формулам $Д = К\,(H_р + \Delta H_р - \frac{H^1+H^2}{2})$ и $О = К\,(H_с + \Delta H_с - \frac{H^1+H^2}{2})$ вычислите рассеянную и суммарную радиации.

10. Используя формулу $О = H_1 + Д$, найдите инсоляцию H_1.

11. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 37

Таблица 37

Результаты измерений

Дата

Место наблюдения

№	Нулевой отсчет		К Дж м- с дел.	Рассеянная радиация !				Суммарная радиация				H_1 Дж $м^2$ с
	H^1 дел.	H^2 дел.		Нр дел.	Нр сред дел.	ΔНр дел.	д Дж $м^2$ с	Нс дел.	Нс сред. дел.	ΔНс	Q Дж $м^2$ с	

Контрольные вопросы

1. Дайте определение прямой, рассеянной и суммарной радиаций. Запишите формулы, по которым они вычисляются. Укажите их размерность.
2. Объясните принцип работы термоэлектрического пиранометра.
3. Каков порядок измерений рассеянной и суммарной радиаций?
4. Объясните физический смысл переводного коэффициента К.
5. Какое значение имеет солнечная радиация в жизнедеятельности сельскохозяйственных растений?
6.

Ситуационные задачи

Задача 1

При поверке пиранометра показания гальванометра ГСА-1 составили 35 делений при освещенности 700 Вт/м². Коэффициент преобразования прибора 20 Вт/м²·дел. Рассчитайте погрешность измерения и необходимость калибровки.

Задача 2

В ясный день суммарная радиация составила 800 Вт/м², в пасмурный - 300 Вт/м². Рассеянная радиация: 100 Вт/м² и 250 Вт/м² соответственно. Объясните изменение соотношения прямой и рассеянной радиации.

Задача 3

При подключении проводников к гальванометру перепутаны полярность. Показания: -25 делений. Как интерпретировать результат и исправить ошибку?

Задача 4

В 12:00 суммарная радиация 900 Вт/м², рассеянная - 120 Вт/м². В 18:00: 400 Вт/м² и 300 Вт/м². Рассчитайте долю рассеянной радиации и объясните ее увеличение к вечеру.

Задача 5

При высоте солнца 20° суммарная радиация 500 Вт/м², при 60° - 1000 Вт/м². Рассеянная радиация: 200 Вт/м² и 150 Вт/м². Объясните изменение доли рассеянной радиации.

Задача 6

Пиранометр частично затенен деревом. Показания: 450 Вт/м² при ожидаемых 800 Вт/м². Как оценить погрешность и скорректировать измерения?

Задача 7

Над снегом (альбедо 0.8) рассеянная радиация 180 Вт/м², над почвой (альбедо 0.2) - 100 Вт/м². Объясните разницу.

Задача 8

Гальванометр ГСА-1 занижает показания на 8%. Как скорректировать измерения суммарной радиации, если прибор показывает 750 Вт/м²?

Задача 9

После пыльной бури рассеянная радиация увеличилась с 120 до 200 Вт/м² при той же суммарной радиации. Объясните причину.

Задача 10

Под пологом леса суммарная радиация 150 Вт/м², на открытом месте - 900 Вт/м². Рассчитайте коэффициент пропускания леса.

Задача 11

Суммарная радиация: 6:00 - 200 Вт/м², 12:00 - 900 Вт/м², 18:00 - 300 Вт/м². Рассчитайте суточную суммарную радиацию в МДж/м².

Задача 12

На широте 60° суммарная радиация в июне 800 Вт/м², на широте 20° - 1000 Вт/м². Объясните разницу и ее агроклиматическое значение.

Задача 13

Гальванометр показывает +3 деления при закрытом пиранометре. Как учесть смещение нуля при измерении 50 делений?

Задача 14

Суммарная радиация 800 Вт/м², отраженная - 160 Вт/м². Рассчитайте поглощенную радиацию и альбедо.

Задача 15

На южном склоне суммарная радиация 950 Вт/м², на северном - 700 Вт/м². Объясните разницу и ее влияние на микроклимат.

Задача 16

При перистых облаках рассеянная радиация 150 Вт/м², при кучевых облаках - 250 Вт/м². Объясните разницу.

Задача 17

Сопротивление проводников увеличилось на 10%. Как это повлияет на точность измерений?

Задача 18

Максимум рассеянной радиации наблюдается не в полдень, а утром и вечером. Объясните причину.

Задача 19

При влажности 90% рассеянная радиация 220 Вт/м², при 40% - 130 Вт/м². Объясните влияние влажности на рассеяние.

Задача 20

Над снежным покровом рассеянная радиация 180 Вт/м², над почвой - 100 Вт/м². Рассчитайте влияние альбедо на рассеянную радиацию.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

При прохождении облака пиранометр показывает скачок суммарной радиации с 900 до 400 Вт/м². Как обработать такие данные?

Задача 2

В городе рассеянная радиация на 30% выше, чем в сельской местности. Объясните причину.

Задача 3

Зимой доля рассеянной радиации 70%, летом - 30%. Объясните сезонную динамику.

Задача 4

Пиранометр установлен с наклоном 5°. Как это повлияет на измерение суммарной радиации?

Задача 5

В теплице суммарная радиация 600 Вт/м², снаружи - 900 Вт/м². Рассчитайте коэффициент пропускания покрытия.

Задача 6

При уменьшении озонового слоя рассеянная радиация уменьшилась. Объясните причину.

Задача 7

Эталонный пиранометр показывает 850 Вт/м², проверяемый - 820 Вт/м². Рассчитайте поправочный коэффициент.

Задача 8

При сильном ветре пиранометр вибрирует. Как это влияет на точность измерений?

Задача 9

Рассчитайте суточную суммарную радиацию, если средняя интенсивность 500 Вт/м² в течение 10 часов.

Задача 10

На склоне 30° к югу суммарная радиация 1100 Вт/м², на горизонтальной поверхности - 900 Вт/м². Рассчитайте приходящую радиацию.

Задача 11

После лесного пожара рассеянная радиация увеличилась на 40%. Объясните причину.

Задача 12

Измерения проведены в 16:00 вместо 12:00. Как это повлияет на оценку суточной радиации?

Задача 13

На глубине 1 м под водой суммарная радиация 300 Вт/м², на поверхности - 900 Вт/м². Рассчитайте коэффициент ослабления.

Задача 14

В долине рассеянная радиация 120 Вт/м², на плато - 150 Вт/м². Объясните разницу.

Задача 15

Как провести калибровку пиранометра в пасмурный день, когда прямая радиация отсутствует?

Задача 16

В городском каньоне рассеянная радиация на 20% выше, чем на открытой местности. Объясните причину.

Задача 17

В пасмурный день суточный ход радиации сглажен. Объясните метеорологические причины.

Задача 18

Коллега случайно отбросил тень на пиранометр во время измерения. Как оценить погрешность?

Задача 19

На высоте 2000 м суммарная радиация 1100 Вт/м², на уровне моря - 900 Вт/м². Объясните увеличение радиации с высотой.

Задача 20

Для агроценоза измерены: суммарная радиация 850 Вт/м², рассеянная - 200 Вт/м². Рассчитайте долю рассеянной радиации, оцените условия для фотосинтеза и прогнозируйте продуктивность культуры.

Практическая работа № 12
ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗАМОРОЗКОВ

Приборы и принадлежности: станционный психрометр, психрометрические таблицы.

Заморозком называют понижение температуры до 0°С и ниже на поверхности почвы или в травостое в период вегетации растений на фоне положительных среднесуточных температур воздуха.

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

1. Адвективные заморозки возникают вследствие вторжения холодного воздуха арктического происхождения.

2. Радиационные заморозки обусловлены интенсивным охлаждением поверхности почвы в результате ночного излучения тепла.

3. Адвективно-радиационные заморозки образуются вследствие вторжения холодного воздуха и дальнейшего ночного охлаждения деятельной поверхности при ясном небе.

По интенсивности заморозки делятся на:

- слабые (от 0 до -2°С),
- средние (от -3 до -5°С)

- сильные (от -5° и ниже).

Опасность заморозков определяется временем наступления их в течение вегетационного периода и устойчивостью сельскохозяйственных культур в разные периоды онтогенеза.

Рельеф местности обусловливает характер стока и притока холодного воздуха.

В нижних частях склонов и в долинах, котловинах скапливается холодный тяжелый воздух, и вероятность наступления заморозков в этих формах рельефа увеличивается. Поэтому предупреждения бюро погоды о возможности заморозков следует уточнять в зависимости от местного рельефа данного поля.

Степень опасности заморозка для сельскохозяйственных растений весьма различна и зависит от времени наступления, интенсивности и длительности его, а также от состояния самого растения - фазы его развития, культуры, сорта и условий агротехники (густоты, характера удобрений и т.д).

Сведения о заморозках требуются для оценки морозоопасности территории и обоснования размещения теплолюбивых растений, для установления сроков сева и уборки сельскохозяйственных культур, а также для разработки мер защиты от этого опасного явления,

Методы предсказания заморозков

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

Продвижение холодной волны воздуха прослеживается на синоптических картах.

На основании анализа синоптической карты бюро погоды передает по радио предупреждение о возможности наступления заморозка для обширной территории.

Прогноз этот требуется уточнить с учетом местных условий.

Уточнение прогноза заморозка на станциях и постах производится по разработанным методам.

I. Предсказание заморозков по методу Михалевского

Для определения ожидаемого минимума температуры воздуха Михалевский предложил формулу $M=T_1-(T-T_1)$ С, а для определения ожидаемого минимума температуры на поверхности почвы –

$M_1=T_1-(T-T1)$ 2C, где М - ожидаемая минимальная температура воздуха; M_1 - ожидаемая минимальная температура почвы, Т - температура по сухому термометру в 13 час.; T_1 -- температура по смоченному термометру психрометра в 13 час.; С - коэффициент, зависящий от относительной влажности воздуха, определяемый но таблице 38.

Таблица 38

Значения коэффициента С в зависимости от влажности воздуха

Относительная влажность в	100	95	90	85	60	75	70
Коэффициент	5,0	4.5	4,0	3,5	3,0	7,5	2,5
Относительная влажность в	65	60	55	50	45	40	35
Коэффициент	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8

Если, в результате расчета по формулам Михалевского, М меньше -2°, то надо ожидать заморозка; если от -2 до +2°, то заморозок вероятен; если больше 2°, то заморозок маловероятен.

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

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

2. Метод Венцкевича служит для предсказания заморозков в воздухе на высоте 2 м. По этому методу нужно определить в 19 часов температуру воздуха и упругость пара в нем, а затем по графику определить, какую температуру можно ожидать ночью.

Найденная с помощью графика ночная температура воздуха должна наблюдаться при условии ясной и безветренной погоды. Если же в 19 часов была облачность и ветер, то к полученной температуре прибавляется поправка, указанная **в** таблице 39.

Таблица 39

Поправки к минимальной температуре

ветра м/с	Облачность в баллах									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-6	0	0	0	0	0,5	1,0	1,0	2,0	2,0	2,5
7-10	1,0	1.0	1.0	1.5	1,5	2,0	2,0	3,0	3.0	3,0
10	1,5	1.5	1,5	2,0	2.0	2.5	2,5	3,5	3.5	4,0

Так как современные методы предсказания заморозков не обеспечивают стопроцентную оправдываемость, то необходимо дополнить их **методом непрерывного наблюдения.**

Метод непрерывного наблюдения заключается в том, что в период возможного наступления заморозков весной и осенью организуют ночные наблюдения за ходом температуры и влажности воздуха, облачностью и скоростью ветра. Это позволяет за 2-3 часа до возникновения заморозка оценить метеорологические условия и при необходимости безошибочно организовать борьбу с заморозками.

Порядок выполнения работы

1. Изучите методику составления прогноза заморозка по методу Михалевского.

2. По температуре сухого термометра (Т) и смоченного термометра прибора психрометра (T_1) определите по психрометрической таблице относительную влажность.

3- Используя таблицу по величине относительной влажности, определите коэффициент С.

4. По формулам Михалевского определите ожидаемую минимальную температуру воздуха М и температуру почвы M_1.

5. В полученные минимальные температуры внесите поправку на скорость ветра и облачность. Сделайте вывод о возможности ожидаемого заморозка.

6. Результаты отсчетов и вычисленные величины занесите в табл. 40.

Таблица 40

Результаты измерений

Станция

Дата предсказания

Температура		Относительная влажность (°/о)	Коэффициент С	Облачность в баллах	Поправка на облачность	Ожидаемые температуры	
сухого Т	смоченного T_1					М	M_1

1. Изучите методику составления прогноза методом Венцкевича.

2. По температуре сухого термометра и смоченного термометра прибора психрометра из психрометрической таблицы определите упругость пара в миллибарах.

3. Используя график Венцкевича, по температуре воздуха и упругости пара определите ожидаемую ночную температуру при условии безоблачности и безветрия.

4. На скорость ветра и облачность по таблице найдите поправку и прибавьте ее к ожидаемой ночной температуре, определенной по графику.

5. Исходные данные и результаты вычисления ожидаемых температур занесите в табл. 41.

Таблица 41

Результаты измерений

Станция

Дата предсказания

температура		Упругость пара, мб	Ночной минимум температуры	Скорость ветра, М/С	Облачность, балл	Поправка на скорость и облачность	Ожидаемая температура
сухого Т	смоченного T_1						

Контрольные вопросы

1. Что называется заморозком? Назовите причины возникновения заморозков.

2. Как влияет рельеф местности на интенсивность и продолжительность заморозков?

3. Для каких целей требуется сведения о заморозках?

4. На учете каких метеорологических элементов и при помощи каких приборов делается предсказание заморозков по методу Михалевского?

5. Изложите метод предсказания заморозков, предложенный Венцкевичем.

Ситуационные задачи

Задача 1

Вечером в 18:00 температура воздуха +8°C, точка росы +3°C. Рассчитайте вероятность заморозков в ночные часы и возможную минимальную температуру.

Задача 2

В 21:00 температура +6°C, точка росы +2°C. В 23:00 облачность увеличилась с 0 до 8 баллов. Как изменится риск заморозков?

Задача 3

В безветренную ясную ночь температура падает со скоростью 2°C/час. В 20:00 температура +7°C. Рассчитайте время достижения 0°C.

Задача 4

Ночью ожидается адвекция холодного воздуха с температурой -3°C. Текущая температура +5°C. Оцените скорость похолодания и время наступления заморозка.

Задача 5

При ветре 3 м/с скорость выхолаживания уменьшается в 2 раза. В безветрие температура падала бы на 3°C/час. Рассчитайте время достижения 0°C от начальных +4°C.

Задача 6

В 19:00 температура сухого термометра +7°C, мокрого +5°C. Рассчитайте точку росы и вероятность заморозков.

Задача 7

В низине температура на 3°С ниже, чем на склоне. На склоне в 21:00 +5°С. Рассчитайте температуру в низине и риск заморозков.

Задача 8

Разность температуры сухого и мокрого термометров составляет 4°С при температуре воздуха +6°С. Рассчитайте дефицит влажности и риск заморозков.

Задача 9

Над влажной почвой температура ночью на 2°С выше, чем над сухой. Над сухой почвой ожидается +1°С. Будет ли заморозок над влажной почвой?

Задача 10

Рассчитайте радиационный индекс заморозкоопасности, если температура в 18:00 +9°С, точка росы +1°С.

Задача 11

В городе температура на 2°С выше, чем в пригороде. В пригороде ожидается -1°С. Будет ли заморозок в городе?

Задача 12

Температура +5°С, точка росы -1°С, ветер 1 м/с, облачность 2 балла. Дайте оценку риска заморозков.

Задача 13

Над снегом ночное выхолаживание усиливается на 1°С/час. Над почвой температура падала бы до +1°С. Какая температура установится над снегом?

Задача 14

20 апреля температура в 21:00 +4°С, точка росы 0°С. Оцените риск повреждения плодовых культур.

Задача 15

Возле водоема температура на 3°С выше. Вдали от водоема ожидается -2°С. Будет ли заморозок у воды?

Задача 16

Температура падает на 1.5°С/час. В 22:00 +6°С. Рассчитайте время наступления заморозка.

Задача 17

В лесу температура на 2°С выше, чем на поле. На поле ожидается 0°С. Будет ли заморозок в лесу?

Задача 18

Рассчитайте вероятность радиационных и адвективных заморозков при температуре +3°C и ветре 5 м/с.

Задача 19

Поверхность с высоким альбедо охлаждается на 1°C/час быстрее. Стандартное охлаждение 2°C/час. Какая температура установится к утру?

Задача 20

Перепад высот 50 м. Температурный градиент 0.6°C/100 м. На возвышенности +3°C. Рассчитайте температуру в низине.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

После жаркого дня с температурой +25°C ночью ожидается интенсивное выхолаживание. Оцените риск заморозков.

Задача 2

При влажности 90% температура +4°C. Будет ли заморозок?

Задача 3

После прохождения холодного фронта температура упала с +12°C до +3°C за 2 часа. Оцените риск заморозков.

Задача 4

Температура на почве обычно на 2°C ниже, чем на высоте 2 м. На высоте 2 м ожидается +1°C. Какая температура будет на почве?

Задача 5

Над растительным покровом температура на 1°C выше, чем над оголенной почвой. Над почвой ожидается 0°C. Будет ли заморозок над растительностью?

Задача 6

В саду заморозки опасны при -1°C. Текущая температура +5°C, точка росы +1°C. Оцените риск.

Задача 7

При образовании тумана температура перестает падать. При каком условии туман предотвратит заморозок?

Задача 8

В предгорьях заморозки возможны при температуре в долине +4°C. Объясните причину.

Задача 9

В центре города температура на 3°С выше. В пригороде ожидается -2°С. Будет ли заморозок в центре?

Задача 10

Падение давления на 5 гПа/час указывает на адвекцию холода. Оцените риск заморозков.

Задача 11

Ветер 4 м/с уменьшает выхолаживание в 3 раза. Без ветра температура упала бы до -2°С. Какая температура установится?

Задача 12

В июне ночь длится 6 часов, в сентябре - 12 часов. Как длина ночи влияет на риск заморозков?

Задача 13

В необогреваемой теплице температура на 5°С выше, чем снаружи. Снаружи ожидается -3°С. Будет ли заморозок в теплице?

Задача 14

На влажной почве риск заморозков снижается на 2°С. На сухой почве ожидается -1°С. Будет ли заморозок на влажной почве?

Задача 15

После дождя влажность высокая. Температура +3°С. Оцените риск заморозков.

Задача 16

Южные склоны ночью на 2°С теплее северных. На северном склоне ожидается 0°С. Какая температура на южном?

Задача 17

Разность температуры в 18:00 и 21:00 составляет 4°С. Температура в 21:00 +4°С. Оцените риск заморозков.

Задача 18

В пойме реки температура на 3°С ниже, чем на берегу. На берегу ожидается +2°С. Будет ли заморозок в пойме?

Задача 19

Над снегом температура на 4°С ниже, чем над почвой. Над почвой ожидается +1°С. Какая температура над снегом?

Задача 20

Температура +4°С, точка росы -2°С, ветер 2 м/с, облачность 1 балл, рельеф - низина. Дайте развернутый прогноз заморозков.

Практическая работа № 13
ПРОГНОЗ СРОКОВ ЦВЕТЕНИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Учебные пособия:

- Агроклиматический справочник по Владимирской области.
- Агроклиматические ресурсы Владимирской области,
- Метеорологические таблицы.

При ведении садоводства на научной основе прогноз сроков цветения плодовых культур необходим для правильной организации и проведения агротехнических мероприятий в саду.

Зная дату начала цветения сада, агроном может заблаговременно подготовиться для борьбы с возможными заморозками, завести пчел для лучшего опыления, уточнить сроки опрыскивания сада ядохимикатами.

Применение ядохимикатов для борьбы с вредителями должно быть прекращено до начала цветения и может быть продолжено только после окончания цветения садов.

Для расчета сроков наступления фазы цветения плодовых культур применяется метод сумм эффективных температур.

Эффективная температура представляет собой среднесуточную температуру, уменьшенную на начальную температуру роста, т. е. на 5° - биологический нуль. Например, среднесуточная температура воздуха 12,6°С, эффективная - в этом случае будет 7,6°С.

Для прохождения той или иной фазы развития требуется определенная сумма эффективных температур. В результате этого продолжительность межфазных периодов в отдельные годы изменяется в зависимости от сложившихся термических условий.

В связи с этим для практических целей очень важно знать дату начала цветения садов при сложившихся агрометеорологических условиях текущего года.

Методика составления прогноза

Агрометеорологический прогноз сроков начала и конца цветения плодовых составляется по методу Щиголева. Им были найдены суммы

эффективных температур, необходимые для наступления фазы начала и конца цветения ряда плодовых культур.

Для большинства сортов яблони сумма эффективных температур составляет 185°.

Датой начала и конца цветения является следующий день после даты, на которую накопится определенная сумма эффективных-температур.

Сумма эффективных температур, для. районов, с устойчивой зимой подсчитывают от даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 1- 5°, Эту дату находят по таблице ТСХ:8.

В начале сумму эффективных, температур можно подсчитать по декадам, когда она будет, близка к константе - по дням. От даты перехода температуры воздуха через + 5° до даты составления прогноза эту сумму вычисляют по таблице ТСХ-8, а потом по средним многолетним, температурам воздуха, взятым из агроклиматического справочника; с учетом прогноза погоды на апрель.

Составленный, таким образом прогноз. сроков цветения. садов, уточняется по рельефу участка, занятого садом, и впоследствии, уточняется, походя из сложившихся погодных условий.

Рельеф местности может изменить температурные условия, что отразится на сроках начала цветения плодовых культур. Сады, расположенные на южном склоне; зацветут на 1-2 дня раньше, чем на равнине, а на северном склоне- позже на 2-3 дня, чем на равнине.

Дату начала, цветения садов можно найти другим; способом. В этом случае пользуются формулой А. А. Щиголева:

$$Д = Д_1 + \frac{A}{T - 5}$$

где Д-дата начала цветения сада; $Д_1$-дата перехода среднесуточной температуры через биологический нуль (+ 5°);..

А-сумма эффективных температур от даты перехода через +5° до даты начала цветения (для яблони А=185°).

Т-ожидаемая средняя температура воздуха межфазного периода.

Порядок выполнения работы

1. Получите у преподавателя условную дату составления прогноза и необходимые справочные материалы-

2. По таблице ТСХ-8 определите дату устойчивого перехода температуры через + 5°

3. За период от этой даты до даты составления прогноза определите:

1) среднесуточную температуру (сложите суточные температуры этого периода и разделите их на число суток);

2) эффективную температуру (из среднесуточной температуры вычесть 5°);

3) сумму эффективных температур (эффективную температуру умножить на число суток периода).

4. По агроклиматическому справочнику для своей станции определите среднюю многолетнюю температуру воздуха для периода от даты составления прогноза до конца II декады апреля. Уточните температуру по прогнозу погоды за апрель. Найдите эффективную температуру и сумму эффективных температур за этот период.

5. Прибавьте эту сумму температур к сумме предыдущего периода.

6. Аналогично определите суммы эффективных температур за III декаду апреля и первую пятидневку мая. Прибавьте эти суммы к суммам предыдущего периода.

7. Если общая сумма эффективных температур меньше 185 градусов, продолжайте подсчет суммы эффективных температур, но уже не по декадам, а по дням до 185°-

8. Запишите дату, на которую накопилась сумма эффективных температур порядка 185°.

9. Следующую дату объявите датой начала цветения сада, уточнив ее по рельефу участка под садом.

10. Результаты расчетов занесите в табл. 42.

Таблица 42

Результаты вычислений

показатели / периоды	Из ТСХ-8	из агроклиматического справочника						Средняя ожидаемая температура за период
		апрель декады		май дни				
Средняя суточная температуры, град								
Эффективная температуры								
Сумма эффективных температур за каждый период, град.								
общая сумма эффективных температур								

Дата начала цветения с учетом рельефа

Многолетняя дата цветения

11. Вычислите дату начала цветения яблони по формуле Щиголева и сравните ее с ранее найденной Вами и многолетней датой для яблони.

Контрольные вопросы

1. Какая температура называется эффективной н как она находится?
2. Какие исходные данные необходимы для составления данного агрометеорологического прогноза?
3. Для какой цели составляют прогноз сроков цветения плодовых культур?
4. Как влияет рельеф местности сада на срок наступления фазы цветения?
5. Запишите формулу, по которой можно вычислить дату начала цветения сада, и объясните се.

Ситуационные задачи

Задача 1

Для начала цветения яблони сорта 'Антоновка' требуется СЭТ > +5°С, равная 225°С. На 1 апреля сумма составила 75°С. Среднесуточные температуры прогнозируются: +8°С, +10°С, +12°С, +9°С, +14°С. Рассчитайте ожидаемую дату цветения.

Задача 2

После теплой зимы и раннего старта вегетации в начале апреля случились заморозки до -5°С, которые приостановили развитие почек. Как учесть этот фактор в модели прогноза цветения, основанной на СЭТ?

Задача 3

Сорт яблони 'Белый налив' требует СЭТ > +5°С = 190°С, а 'Осеннее полосатое' – 250°С. На 10 апреля сумма температур составила 150°С. Рассчитайте разницу в ожидаемых сроках цветения между сортами.

Задача 4

Сорт груши, выведенный в Краснодарском крае (СЭТ > +5°С для цветения = 210°С), планируют выращивать в Подмосковье. Среднегодовая СЭТ в новом регионе на 300°С меньше. С какими рисками поздних весенних заморозков столкнутся садоводы?

Задача 5

Для выхода из глубокого покоя и последующего нормального цветения яблоне требуется накопить 1200 часов с температурой ниже +7°С. Зима была теплой, и к 1 января набрано только 800 часов. Как это отсрочит цветение и увеличит риски?

Задача 6

На южном склоне СЭТ накапливается на 15% быстрее, чем на равнине. Если на равнине цветение яблони ожидается 15 мая, когда оно наступит на южном склоне?

Задача 7

Модель для вишни: после удовлетворения потребности в холоде (1000 часов <+7°С) для цветения требуется 180°С СЭТ >+5°С. Потребность в холоде удовлетворена 1 марта. Рассчитайте дату цветения при средних температурах марта +3°С, апреля +8°С.

Задача 8

Известно, что яблоня зацветает через 10 дней после цветения мать-и-мачехи и через 2 дня после цветения березы. Мать-и-мачеха зацвела 10 апреля. Рассчитайте ожидаемые сроки цветения березы и яблони.

Задача 9

Средняя многолетняя дата цветения яблони – 15 мая, а средняя дата последнего заморозка – 5 мая. Рассчитайте вероятность повреждения цветков заморозком. Как изменится риск, если цветение из-за теплой весны сместится на 5 мая?

Задача 10

В центре города СЭТ накапливается на 20% быстрее, чем в сельской округе. Если за городом цветение ожидается 20 мая, когда зацветут деревья в городском парке?

Задача 11

После периода накопления СЭТ наступила прохладная (+6°C) и дождливая погода. Как это повлияет на скорость развития генеративных органов и точность прогноза, основанного только на температуре?

Задача 12

В интенсивном саду с капельным орошением почва прогревается быстрее. Это ускоряет накопление СЭТ в приземном слое на 10%. Как скорректировать модель прогноза для такого сада?

Задача 13

По модели «Сумма эффективных температур» цветение черешни ожидается 25 апреля. По фенологическим наблюдениям за сиренью (которая зацветает на 5 дней раньше черешни) ее цветение ожидается 28 апреля. Какой прогноз более точен и почему?

Задача 14

Зимой были длительные оттепели с температурами до +8°C. Часть часов холода была «аннулирована». Как это повлияет не только на сроки, но и на дружность и продолжительность цветения?

Задача 15

Ремонтантная малина цветет на побегах текущего года. Зависит ли срок ее летнего цветения от весенних температур? Как построить модель прогноза для нее?

Задача 16

Цветение яблонь в хозяйстве началось на 12 дней раньше среднемноголетних сроков. Оцените риски и потенциальные экономические потери от:

а) недостатка опылителей (пчелы еще не активизировались);

б) повышенного риска заморозков.

Задача 17

Деревья на карликовом подвое начинают вегетацию раньше, чем на семенном. Какую поправку нужно ввести в модель прогноза для сада на карликовых подвоях?

Задача 18

Цветение косточковых культур сильно коррелирует с температурой почвы в корнеобитаемом слое. При прогреве почвы до +10°C на глубине 20 см начинается сокодвижение, а цветение наступает через 100 градусо-дней >+5°C после этого. Почва прогрелась до +10°C 25 марта. Рассчитайте дату цветения.

Задача 19

Засуха в предвегетационный период замедлила развитие почек, несмотря на достаточное количество тепла. Почему это произошло и как учесть этот фактор в сложных моделях?

Задача 20

За последние 20 лет средняя дата цветения яблони сместилась с 20 мая на 10 мая. Рассчитайте, на сколько градусов увеличилась СЭТ за этот период за апрель-май.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

В саду, защищенном от ветра лесополосами, температура на 1-2°C выше, чем на открытой местности. Как это повлияет на скорость накопления СЭТ и сроки цветения?

Задача 2

Для одного и того же сорта яблони в разных источниках указаны разные пороговые температуры для расчета СЭТ: +5°C и +7°C. Какой порог даст более точный прогноз в условиях неустойчивой весенней погоды?

Задача 3

Продолжительность цветения яблони сильно зависит от температуры. При среднесуточной температуре +15°С оно длится 10 дней, а при +20°С – 6 дней. Рассчитайте, сколько дней продлится цветение, если прогнозируется температура +18°С.

Задача 4

В саду высажены 3 сорта яблони с разными потребностями в СЭТ: 200°С, 250°С, 300°С. Рассчитайте разрыв в сроках цветения между первым и последним сортом при скорости накопления 7 градусо-дней в сутки.

Задача 5

Абрикос зацветает раньше всех – в среднем 15 апреля. Вероятность заморозков после этой даты – 40%. Рассчитайте экономический риск полной потери урожая раз в сколько лет?

Задача 6

По модели прогноз цветения – 10 мая. 5 мая визуальный осмотр показал, что почки находятся в фазе «зеленого конуса». Известно, что от этой фазы до цветения обычно требуется 80°С СЭТ >+5°С. Скорость накопления тепла – 8°С/день. Уточните дату цветения.

Задача 7

В предгорье (высота 500 м) температура на 3°С ниже, чем в долине. В долине цветение яблони ожидается 1 мая. Когда оно наступит в предгорье, если порог СЭТ составляет 220°С?

Задача 8

Для начала сокодвижения у винограда требуется СЭТ >+10°С = 150°С. Сокодвижение началось 15 апреля. Цветение наступает после накопления еще 300°С СЭТ >+10°С. Рассчитайте дату цветения.

Задача 9

Пасеку нужно привезти в сад к началу массового цветения. Прогнозируемая дата – 12 мая. За сколько дней до этой даты нужно предупредить пчеловода, учитывая логистику?

Задача 10

Теплая осень предыдущего года замедлила подготовку растений к зиме и вхождение в глубокий покой. Как это может повлиять на сроки и качество цветения следующей весной?

Задача 11

Современные сложные модели учитывают не среднесуточные температуры, а сумму градусо-часов. Рассчитайте сумму градусо-часов >5°C за день, если в течение 6 часов было +12°C, 10 часов +8°C, а остальное время +4°C.

Задача 12

Модель, разработанная для яблони в Западной Европе, дает постоянную ошибку для условий Сибири. Предложите, какие региональные поправочные коэффициенты нужно ввести (инсоляция, влажность, континентальность климата).

Задача 13

Цветение земляники садовой наступает при накоплении 150°C СЭТ >+5°C после устойчивого перехода через +5°C. Переход произошел 5 апреля. Рассчитайте дату цветения.

Задача 14

Черная мульча ускоряет прогрев почвы и начало сокодвижения на 5 дней. Как изменится дата цветения при раннем старте вегетации?

Задача 15

Цветение наступило на 2 недели раньше нормы. Средняя многолетняя дата последнего заморозка – через 10 дней после средней даты цветения. Рассчитайте вероятность гибели цветков от заморозка в этом году.

Задача 16

Персик имеет очень короткий период зимнего покоя. Теплая зима может привести к преждевременному набуханию почек и их гибели от последующих морозов. Как оценить риск такого сценария?

Задача 17

Метеостанция расположена в 20 км от сада, в более высоком и холодном месте. Ее данные показывают СЭТ на 15% меньше, чем в саду. Как скорректировать прогноз для сада?

Задача 18

Прохладная пасмурная погода во время цветения может растянуть период и ухудшить качество опыления. Как количественно оценить этот риск на основе прогноза облачности и температур?

Задача 19

Апрель и май ожидаются на 3°С холоднее нормы. Рассчитайте, на сколько дней сроки цветения по сравнению со среднемноголетними.

Задача 20

Садоводческое хозяйство имеет 100 га яблоневого сада (3 сорта с разными сроками цветения) и 20 га черешни (ранний сорт). На основе прогноза погоды на апрель-май (температура на 2°С выше нормы, осадки в норме) и многолетних фенологических данных составьте календарный план агротехнических мероприятий (опрыскивания, привлечение опылителей, подготовка дымовых куч) с указанием ориентировочных дат.

Практическая работа № 14
ПРОГНОЗ СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ВОСКОВОЙ СПЕЛОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Учебные пособия:

1. Агроклиматический справочник по Владимирской области,
2. Агроклиматические ресурсы Владимирской области,
3. Метеорологическая таблица ТСХ-8.

При ведении растениеводства на научной основе прогноз сроков наступления восковой спелости зерновых культур необходим для планирования проведения работ по подготовке уборочной техники, для определения сроков начала раздельной уборки хлебов, а также для предварительной оценки ожидаемого урожая.

Установлено, что скорость прохождения различных фаз развития сельскохозяйственных культур зависит, прежде всего, от температуры окружающей среды.

Развитие зерновых и других культур умеренного климата начинается при среднесуточной температуре воздуха 5°С. В данном случае 5°С являются биологическим минимумом температуры для начала вегетации зерновых культур. Поэтому для расчетов сроков наступления фаз развития применяется метод сумм эффективных температур.

Эффективная температура представляет собой среднесуточную температуру, уменьшенную на биологический минимум развития, то

есть на 5°С для зерновых культур. Например, среднесуточная температура воздуха 11,6°С, эффективная температура будет 6,6°С.

Для прохождения межфазного периода колошение-восковая спелость требуются определенные сумму эффективных температур. Для озимой и яровой пшеницы эта сумма составляет 490°С, для овса - 430°С и ячменя - 390°С.

В результате этого продолжительность периода колошение-восковая спелость в отдельные годы изменяется в зависимости

Прогноз сроков наступления восковой спелости зерновых от сложившихся термических условий культур сводится к определению даты, к которой накопится определенная сумма эффективных температур, необходимая для прогнозируемого межфазного периода.

Прогноз составляют обычно через 10 дней после фазы колошения. Дата наступления восковой спелости определяется суммированием ежедневных эффективных температур воздуха.

Для подсчета суммы эффективных температур за период от даты колошения до даты составления, фенологического прогноза используют фактические наблюдения за температурой воздуха (табл. ТСХ-8), а за последующие дни температуру воздуха берут из агроклиматического справочника.

Если есть прогноз погоды, то температуру воздуха уточняют по данному прогнозу погоды. Датой наступления фазы восковой спелости считается следующий день после накопления необходимой суммы эффективных температур для пшеницы 490°С или тот же день, если сумма эффективных температур в этот день значительно превышает необходимую сумму эффективных температур.

Дату наступления восковой спелости можно определить другим методом, по формуле А. А. Щиголева:

$$Д = Д_1 + \frac{А}{Т - 5}$$

где Д-ожидаемая дата наступления фазы восковой спелости; $Д_1$-дата наступления фазы колошения; А-постоянная сумма эффективных температур, необходимая для прохождения межфазного периода (ко-

лошение- восковая спелость); Т-ожидаемая средняя температура межфазного периода. Она определяется по датам прохождения фаз из агроклиматического справочника области.

Дата наступления фазы восковой спелости является одновременно датой начала раздельной уборки хлебов.

Переход от восковой спелости к полной спелости происходит в результате потери влаги зерна.

Скорость подсыхания зерна зависит от влажности воздуха (от дефицита влажности).

Дата полного подсыхания зерна и будет датой наступления полной спелости.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику составления фенологического прогноза. Получить от преподавателя таблицу метеорологических сведений (ТСХ-8), агроклиматический справочник области, дату колошения зерновых культур.

2. Вычертите таблицу. От даты колошения культуры до даты составления прогноза, используя таблицу ТСХ-8, определите:

1) среднюю суточную температуру воздуха (до десятых долей) ;

2) эффективную температуру выше 5°С;

3. сумму эффективных температур. Результаты занесите в таблицу.

4. Недостающую сумму эффективных температур до 490° набираем из агроклиматического справочника для данной станции. Если дан прогноз погоды, то декадные температуры справочника уточняем по прогнозу.

За третью декаду июня и первую декаду июля берем температуры за целую декаду, так как набираемая сумма эффективных температур будет пока меньше 490°С. Недостающую сумму до 490° набираем за счет второй декады по дням.

Суммирование эффективных температур с нарастающим итогом надо производить до тех пор, пока наберется величина А (для пшеницы 490°). Это и будет дата восковой спелости-

5. Найдите среднюю температуру воздуха за период колошение-восковая спелость.

6. Используя формулу, определите дату наступления восковой спелости. Сравните эту дату с датой, определенной методом суммирования температур.

7. Дату наступления восковой спелости культуры в этом году сравните с многолетней датой, взятой из агроклиматического справочника.

8. Заполните табл. 43

Таблица 43

Расчет дат наступления восковой спелости озимой пшеницы

Показатели	Июнь		Июль					Средняя температура воздуха за весь период
	ТСХ 8		многолетние средние данные					
Средняя температура								
Эффективная температура								
Сумма эффективных температур								
Сумма эффективных температур с нарастающим итогом								

Контрольные вопросы

1. Для какой цели производят прогноз сроков наступления восковой спелости?

2. Какие исходные данные необходимы для составления фенологических прогнозов?

3. Какая температура называется эффективной и как она определяется?

4. Назовите формулу, по которой вычисляется дата наступления восковой спелости.

5. От каких метеорологических элементов: зависит скорость наступления полной спелости зерновых?

Ситуационные задачи

Задача 1

Для озимой ржи восковая спелость наступает при САТ > +5°С = 1800°С. На 1 июля сумма составила 1250°С. Среднесуточные температуры прогнозируются: +18°С, +20°С, +22°С, +19°С. Рассчитайте ожидаемую дату наступления восковой спелости.

Задача 2

Июнь был засушливым (50% от нормы осадков). Как это может повлиять на скорость накопления САТ и сроки наступления восковой спелости яровой пшеницы?

Задача 3

Озимая пшеница требует САТ > +5°С = 2000°С для восковой спелости, ячмень – 1700°С. На 10 июля сумма температур составила 1500°С. Рассчитайте разницу в сроках созревания культур.

Задача 4

По агроклиматическому справочнику Владимирской области средняя дата наступления восковой спелости озимой ржи – 25 июля. На сколько дней раньше наступит спелость, если САТ накапливается на 15% быстрее нормы?

Задача 5

На тяжелых суглинистых почвах созревание запаздывает на 3-5 дней compared to супесчаным. Как учесть этот фактор при прогнозе?

Задача 6

Фаза молочной спелости наступила 10 июля. Известно, что до восковой спелости обычно требуется 200°С СЭТ > +10°С. Рассчитайте дату при прогнозируемых температурах +20°С.

Задача 7

По данным таблицы ТСХ-8, температура почвы на глубине 10 см составляет +22°С. Как это влияет на скорость созревания зерна?

Задача 8

Длинный световой день ускоряет развитие яровых культур. Как учесть этот фактор в дополнение к температурному режиму?

Задача 9

Яровая пшеница посеяна с опозданием на 10 дней. Как изменится дата наступления восковой спелости?

Задача 10

ГТК за июнь составил 1.2. Оцените условия увлажнения и их влияние на созревание зерновых.

Задача 11

При избыточном азотном питании созревание затягивается. Как скорректировать прогноз в таких условиях?

Задача 12

Раннеспелый сорт овса требует САТ > +5°С = 1500°С, позднеспелый – 1900°С. Рассчитайте разницу в сроках созревания.

Задача 13

При температуре выше +25°С происходит ускоренное созревание. Как учесть этот эффект в модели?

Задача 14

Влажность зерна в фазе молочной спелости – 50%. При среднесуточной температуре +20°С ежедневное снижение влажности составляет 2-3%. Рассчитайте, когда влажность достигнет 30% (восковая спелость).

Задача 15

По данным мониторинга, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составляют 80 мм. Как это влияет на сроки созревания?

Задача 16

Развитие бурой ржавчины замедляет созревание на 5-7 дней. Как учесть этот фактор?

Задача 17

В южных районах области созревание наступает на 5-7 дней раньше, чем в северных. Как скорректировать прогноз?

Задача 18

После пара созревание ускоряется на 3-4 дня compared to зерновым предшественникам. Как учесть это в прогнозе?

Задача 19

Вегетационный индекс NDVI показывает замедление развития посевов. Как уточнить прогноз сроков созревания?

Задача 20

Температура выше нормы на 2°С, осадков 80% от нормы. Как изменится дата наступления восковой спелости?

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

При раннем сроке сева яровой пшеницы (25 апреля) созревание наступает на 5 дней раньше, чем при позднем (10 мая). Рассчитайте ожидаемую дату для обоих вариантов.

Задача 2

Май был холоднее нормы на 3°C. Как изменится накопление САТ к июлю?

Задача 3

При ускоренном созревании во время засухи возможно ухудшение качества зерна. Как оценить этот риск?

Задача 4

При no-till технологии созревание наступает на 2-3 дня позже. Как скорректировать прогноз?

Задача 5

По данным за 10 лет, среднее отклонение срока наступления восковой спелости от нормы составляет ±5 дней. Рассчитайте доверительный интервал для прогноза.

Задача 6

В понижениях созревание запаздывает на 3-4 дня и более низких температур и большего увлажнения. Как учесть это при планировании уборки?

Задача 7

Выметывание метелки овса 5 июля. До восковой спелости обычно требуется 350°C СЭТ > +10°C. Рассчитайте дату при прогнозируемых температурах.

Задача 8

При пасмурной погоде созревание замедляется. Как количественно оценить этот эффект?

Задача 9

Для семенных посевов важно точное определение сроков уборки. Как улучшить точность прогноза?

Задача 10

Современные модели учитывают температуру, фотопериод, влажность. Какие данные необходимы для их применения?

Задача 11

Новые сорта яровой пшеницы имеют вегетационный период. Как учесть это в прогнозе?

Задача 12

При влажности почвы ниже 70% НВ созревание ускоряется. Как оценить этот эффект?

Задача 13

Рассчитайте СЭТ > +10°С для ячменя, если порог составляет 800°С.

Задача 14

При ветровой эрозии развитие растений замедляется. Как учесть это в прогнозе?

Задача 15

Метеостанция расположена в 15 км от поля. Как учесть микроклиматические различия?

Задача 16

При применении некоторых гербицидов наблюдается замедление развития. Как скорректировать прогноз?

Задача 17

В органическом земледелии созревание часто наступает позже. Как учесть это?

Задача 18

Измеренная влажность зерна – 40%. Рассчитайте ожидаемую дату достижения восковой спелости (30%).

Задача 19

Затяжные дожди в июле замедляют созревание. Как оценить эффект?

Задача 20

Поле 50 га яровой пшеницы, сорт среднего срока созревания. По данным метеостанции, САТ на 10% выше нормы. Рассчитайте ожидаемую дату восковой спелости и составьте план подготовки уборочной техники.

Практическая работа № 15
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТА ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

Пособия и материалы.

1. Агроклиматические справочники (ресурсы областей),
2. Миллиметровая бумага,
3. Чертежные принадлежности.

Работа выполняется с элементами УПРС.

Значение агроклиматических факторов и агроклиматических ресурсов в сельскохозяйственном производстве.

Климатические факторы, от которых зависит рост, развитие и формирование урожая растений, называют агроклиматическими факторами. К основным факторам, необходимым растениям относятся: свет (солнечная радиация), тепло, влага и воздух.

При оценке климата для целей выращивания сельскохозяйственных культур определяется наличие агроклиматических факторов и их численная величина за период вегетации на данной территории. Эту совокупность агроклиматических факторов называют агроклиматическими ресурсами территории.

Требования с-х. культур к климатическим условиям выражаются через агроклиматические показатели.

Под агроклиматическими показателями понимают количественные выражения связи роста, развития, состояния, продуктивности и урожая растений с основными факторами климата.

Оценка световых ресурсов складывается из интенсивности, спектрального состава солнечного света и продолжительности освещения.

Все важнейшие физиологические процессы в растениях определяются частью солнечного спектра, участвующего в фотосинтезе. Эту часть видимого света с длиной волны 0,38-071 микрометра называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР).

Количество световой энергии в средней полосе не лимитирует получение урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому в практике следует вести агротехнику по возделыванию сельскохозяйственных культур, направленную на увеличение использования ФАР растениями.

Для оценки обеспеченности растений теплом используют Термические (температурные) ресурсы.

Ресурсы тепла какого-либо района выражают суммами активных температур (среднесуточные температуры выше 10°С). По сумме активных температур можно судить об уровне среднесуточных температур и продолжительности теплого периода.

Для определения сумм активных температур за весь период вегетации необходимо сложить все средние суточные температуры данного периода выше 10°С.

Средние многолетние суммы температур данного района подсчитываются обычно графическим методом.

Потребность растений в тепле выражают суммами активных температур выше 10°С, так как при температуре 10°С и выше активно вегетирует большинство растений.

В таблице 2 представлена для основных культур потребность в тепле, выраженная суммами активных температур для средних широт нашей страны.

Сравнивая сумму активных температур, наблюдаемых в данном районе, с суммой активных температур, необходимых для вызревания культур, можно с 50-проц. обеспеченностью указать культуры, возделываемые в данном районе.

В практике принято считать, что обеспеченность культуры теплом порядка 80-90 проц. является хорошей, так как производственный риск невызревания этой культуры в данном случае невелик (10-20 проц.). Если культура в данном районе обеспечена теплом менее чем на 50 проц., ее возделывание не имеет смысла.

Для более полной оценки возможности произрастания культур по определенной величине суммы активных температур в данной местности Ф. Ф. Давитая построил кривую обеспеченности сумм активных температур.

Используя кривую рисунка, можно определить, какие суммы температур обеспечены в 90, 70 проц. лет и т. д.; или же, зная сумму температур, необходимую для вызревания какой-либо культуры, определить, как часто она может вызревать в данном месте.

Определение. суммы активных температур для какого-либо пункта производится обычно по данным многолетних средних месяч-

ных температур, взятых из агроклиматического справочника, и с помощью графика годового хода температуры, построенного по этим данным.

На этом графике по оси абсцисс откладываются месяцы года, а по оси ординат-температуры. На пересечении перпендикуляра, проведенного от 15 числа каждого месяца, с линией, означающей среднемесячную температуру, ставят точку, а затем эти точки соединяют плавной линией и получают график годового хода температуры.

С графика, прежде всего, снимают даты устойчивого перехода температуры через 10° (весной и осенью) и определяют продолжительность всего периода вегетации.

Для определения суммы активных температур следует вычислить площадь фигуры, ограниченной графиком температуры выше 10°, перпендикулярами из линии 10° и осью ОХ. Площадь состоит из прямоугольника АВНК, трапеции ВСМН и треугольника СЕМ.

Чтобы перейти от пощади, выраженной в $см^2$, к сумме температур, надо площадь умножить на коэффициент, определенный из градусов-дней в 1 $см^2$.

Для характеристики теплообеспеченности некоторых растений такой показатель, как сумма активных температур, недостаточен. В иные годы необходимая сумма накапливается, я культура не вызревает, так как в период вегетаций температура воздуха не поднималась выше определенного уровня (выше 20°), необходимого для созревания данной культуры.

В этом случае, кроме суммы активных; температур, нужно знать среднюю температуру теплого месяца. Она часто определяет возможности района для роста теплолюбивых растений.

При оценке термических ресурсов следует учитывать также продолжительность периода между последним весенним заморозком и первым осенним заморозком.

Оценка условий увлажнения

Распространённым показателем агроклиматической оценки обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой является средние многолетние суммы осадков.

Обычно такие средние величины осадков характеризуют 50 проц. обеспеченности. Поэтому оценка условий увлажнения вегетационного

периода лишь по суммам осадков является недостаточной для характеристики водных ресурсов территории.

Здесь не учитывается величина испарения воды с Почвы- Наиболее широко применяется оценка увлажнения теплого периода (когда среднесуточная температура выше 10°С) по гидротермическому коэффициенту (ГТК):

$$ГТК = \frac{P}{0{,}1\ T} = \frac{P \times 10}{T_{ср} \times 30} = \frac{P}{3\ T_{ср}}$$

где Р-Сумма осадков за период, Т-сумма температур, Тср.-среднемесячная температура воздуха.

Согласно Г. Т. Селянинову, величина ГТК за июнь-август больше 1,6 характеризует лесную влажную зону: 1.3-1,0 - лесостепь (недостаточное увлажнение) ; 1,0-0,7 - степь (Засушливый период); 0,7-0,4 - очень засушливый период.

Более полно влагообеспеченность сельскохозяйственных культур характеризуют данные о запасах продуктивной влаги в почве, которые создаются при имеющихся осадках и температурном режиме.

Для оценки условий перезимовки в качестве Основного агроклиматического показателя берется средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха и почвы.

Для получения этого показателя годовые минимумы за длительный период наблюдений суммируют и результат делят на число лет наблюдений.

Зная критические температуры гибели плодовых культур И сравнивая их со средним абсолютным годовым минимумом, можно определить вероятность повреждения или гибели сельскохозяйственных культур.

Ход работы

1. Изучите методы оценки климата для сельскохозяйственных целей.

2. Выпишите из, агроклиматического справочника метеорологические элементы: температуру и количество осадков за месяцы от весны до зимы.

3. На миллиметровой бумаге постройте график годового хода температуры воздуха (в 1 см-10 дней, или 1 месяц - 3 см, 1 см-1◦).

Ординаты среднемесячной температур надо брать в середине месяца (на 15-е число).

3- По графику кривой температуры определите да- даты перехода среднесуточной температуры через 5 и 10°. Дата Перехода температуры воздуха через 5° определяет возобновление вегетации озимых и плодовых культур и показывает начало весеннего сева ранних культур. Переход температуры воздуха через 10° характеризует начало летнего периода.

4. Вычислите период в днях с температурой выше 5 и 10°. Данные запишите в рабочую тетрадь.

5- Определите по графику сумму активных (выше 10°) температур. Для перехода от общей площади к сумме активных температур следует общую сумму, выраженную в $см^2$, умножить на 10, так как в 1 $см^2$ содержится 10 градусов-дней.

6. Пользуясь таблицей сумм температур выше 10°, необходимых для созревания основных сельскохозяйственных культур, и полученной суммой активных температур выше 10° для данного района, определите с 50-проц. оправдываемостью какие культуры целесообразно возделывать в данной местности.

7. Зная, что цветение яблони начинается при среднесуточной температуре 13°, вишни-12,1°, крыжовника-6,7°, определите по графику даты цветенения этих культур.

8. По рис. 18 и сумме активных температур данного района определите обеспеченность вызревания среднеранней кукурузы на зерно с суммой активных температур в 2400° для данного района.

9. На миллиметровой бумаге постройте график годового хода осадков. По оси абсцисс в выбранном масштабе отложите месяцы, а по оси ординат-количество осадков. Сумма осадков вычерчивается столбиками в масштабе 1 мм осадков-2 мм высоты на чертеже. График осадков представляется в виде диаграммы.

10. Для оценки условий увлажнения подсчитайте общее количество осадков за период активной вегетации. Вычислите ГТК за весь период активной вегетации, за подпериоды май- июнь, июль-сентябрь. Сделайте анализ увлажнения данного района по величине ГТК. Запишите данные в рабочую тетрадь (табл. 44-46).

Таблица 44

Среднемесячные температуры воздуха и сумма осадков за месяц по станции

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, град.												
Сумма осадков, мм												

Таблица 45

Агроклиматическая характеристика района

Показатели	Температура, град.			Начало цветения		ГТК
						месяцы
	5	10	15			
Сумма температур выше:	-					
Дата перехода температур через:		-				
Продолжительность периодов с темпера турой выше:						

Таблица 46

Итоговая таблица

Культура	Требуемая сумма актив-	Культура	Требуемая сумма активных температур

Контрольные вопросы

1. Назовите основные климатообразующие факторы, влияющие на рост и развитие растений.
2. Каким фактором оценивается теплообеспеченность района и как этот фактор определяется?
3. Как по графику хода месячных температур можно определить даты перехода температур через 5°, 10°С и продолжительность периодов между этими температурами?
4. Что такое ГТК и для какой цели он вычисляется?
5. Как определяются культуры, возделываемые в данном районе?
6. Как по графику хода месячных температур можно определить даты начала цветения культур?

Ситуационные задачи

Задача 1

По данным агроклиматического справочника Владимирской области постройте на миллиметровке график среднемесячных температур за вегетационный период (апрель-сентябрь). Рассчитайте САТ > +5°С и > +10°С.

Задача 2

Сравните САТ > +10°С для Владимирской и Рязанской областей по агроклиматическим справочникам. Для какой культуры (кукуруза на зерно или яровая пшеница) условия более благоприятны в каждой области?

Задача 3

Постройте график хода осадков за вегетационный период для Калужской области. Выделите периоды с вероятным дефицитом влаги для зерновых культур.

Задача 4

Рассчитайте ГТК Селянинова для июня-июля для Орловской области. Дайте оценку условий увлажнения для яровой пшеницы.

Задача 5

По данным за 10 лет для Брянской области рассчитайте повторяемость засух разной интенсивности (по ГТК). Постройте график повторяемости.

Задача 6

Для Тульской области рассчитайте даты перехода температур через +5°С и +10°С весной и осенью. Определите продолжительность периода с температурой > +10°С.

Задача 7

Постройте климатограмму (совмещенный график температур и осадков) для Ивановской области. Проанализируйте соответствие хода температур и осадков.

Задача 8

Рассчитайте коэффициент увлажнения для Смоленской области. Сравните с нормами для льна-долгунца.

Задача 9

По данным справочника постройте розу ветров для Ярославской области за вегетационный период. Оцените риск ветровой эрозии почв.

Задача 10

Для Костромской области рассчитайте вероятность заморозков в мае и сентябре. Оцените риск для раннего картофеля.

Задача 11

Проанализируйте данные по приходу ФАР за вегетационный период для Тверской области. Рассчитайте ВУФ для зерновых культур.

Задача 12

Постройте график хода испаряемости для Московской области. Сравните с количеством осадков.

Задача 13

Рассчитайте индекс континентальности для Владимирской и Калининградской областей. Сравните условия для сельского хозяйства.

Задача 14

Проанализируйте среднюю глубину промерзания почвы и высоту снежного покрова для Рязанской области. Оцените условия для озимых культур.

Задача 15

Рассчитайте суммы осадков за апрель-сентябрь для трех лет по данным агрометеостанции. Постройте график отклонений от нормы.

Задача 16

Рассчитайте число дней с температурой выше +20°C для Орловской области. Оцените условия для теплолюбивых культур.

Задача 17

Нанесите на карту Центрального региона изолинии САТ > +5°C. Выделите зоны с разной теплообеспеченностью.

Задача 18

Рассчитайте комплексный показатель агроклиматического потенциала для Калужской области. Сравните с соседними областями.

Задача 19

Выявите годы с экстремальными засухами за последние 20 лет для Тамбовской области. Рассчитайте ущерб для зернового хозяйства.

Задача 20

Постройте график хода относительной влажности воздуха для Ивановской области. Выделите периоды с критически низкой влажностью.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1

Проанализируйте вероятность дождливых периодов в августе-сентябре для Владимирской области. Оцените риск для уборочной кампании.

Задача 2

Рассчитайте фототермический индекс для ячменя для Липецкой области. Оцените условия для формирования урожая.

Задача 3

Выявите годы с аномально теплой и холодной весной для Рязанской области. Оцените влияние на сроки сева.

Задача 4

Постройте диаграмму соотношения осадков и испаряемости для Тульской области за вегетационный период.

Задача 5

Рассчитайте коэффициент эрозионной опасности для Брянской области. Предложите противоэрозионные мероприятия.

Задача 6

Рассчитайте вероятность обеспеченности осадками для яровой пшеницы в Смоленской области. Постройте кривую обеспеченности.

Задача 7

Постройте график хода ФАР за вегетационный период для Ярославской области. Сравните с САТ.

Задача 8

Проанализируйте сумму активных температур > +10°С для Московской области. Подберите сорта овощей для открытого грунта.

Задача 9

Рассчитайте индекс сухости Будыко для Орловской области. Дайте оценку условий увлажнения.

Задача 10

Проанализируйте средние температуры января и абсолютные минимумы для Костромской области. Оцените риск вымерзания плодовых культур.

Задача 11

Нанесите на карту Центрального региона изолинии коэффициента увлажнения. Выделите зоны с разной влагообеспеченностью.

Задача 12

Проанализируйте условия увлажнения для многолетних трав в Ивановской области. Рассчитайте возможную урожайность.

Задача 13

Рассчитайте продолжительность безморозного периода для Калужской области. Оцените риск для теплолюбивых культур.

Задача 14

Постройте график испарения с водной поверхности для Тверской области. Сравните с осадками.

Задача 15

Составьте перечень основных агроклиматических рисков для сельского хозяйства Владимирской области. Оцените вероятность их реализации.

Задача 16

Рассчитайте суммы температур выше +5°C, +10°C, +15°C для Рязанской области. Постройте comparative график.

Задача 17

Постройте розу ветров для вегетационного периода для Ярославской области. Проанализируйте преобладающие направления.

Задача 18

Проанализируйте суммы активных температур и условия перезимовки для яблони в Орловской области. Дайте рекомендации по сортименту.

Задача 19

Рассчитайте индекс комфорта для сельскохозяйственных животных в летний период для Липецкой области.

Задача 20

Проведите комплексную сельскохозяйственную оценку климата вегетационного периода для выбранного района. Составьте заключение с рекомендациями по специализации сельского хозяйства.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Что изучает агрометеорология?
2. Основной источник энергии для процессов в атмосфере и для фотосинтеза.
3. Прибор для измерения температуры воздуха.
4. Какой слой атмосферы наиболее важен для формирования погоды?
5. Единица измерения атмосферного давления в системе СИ.
6. Что такое радиационный баланс активной поверхности?
7. Абсолютная влажность – это...
8. Прибор для измерения влажности воздуха по разности показаний «сухого» и «смоченного» термометров.
9. Что показывает точка росы?
10. Виды атмосферных осадков.
11. Прибор для измерения количества жидких осадков.
12. Что такое испаряемость?
13. Формула для расчета относительной влажности воздуха.
14. Что такое ветер и какова причина его образования?
15. Прибор для определения направления ветра.
16. Прибор для измерения скорости ветра.
17. Что такое солнечная радиация и ее виды.
18. Что такое альбедо?
19. Суть парникового эффекта.
20. Что такое атмосферные фронты?
21. Чем климат отличается от погоды?
22. Основные климатообразующие факторы.
23. Что такое солнечная постоянная?
24. Роль океанических течений в формировании климата.
25. Как влияет на климат высота места над уровнем моря?
26. Что такое континентальность климата?
27. Тип климата, характерный для вашей местности.
28. Что такое циркуляция атмосферы?
29. Поясните понятие «западный перенос».
30. Что такое муссоны?
31. Какую погоду приносит циклон?

32. Какую погоду приносит антициклон?
33. Что такое климатическая норма?
34. Что понимают под «изменением климата»?
35. Основные антропогенные факторы влияния на климат.
36. Что такое глобальное потепление?
37. Понятие «опасное метеорологическое явление». Приведите примеры.
38. Что такое микроклимат?
39. Что такое мезоклимат?
40. Что такое фитоклимат?
41. Что такое агроклиматические ресурсы территории?
42. Что такое сумма активных температур (САТ)?
43. Для чего используется показатель САТ > +10°С?
44. Что такое гидротермический коэффициент (ГТК) и для чего он применяется?
45. Как по ГТК оценивают условия увлажнения?
46. Что такое «засуха» и «суховей»?
47. Что такое «условия перезимовки» сельскохозяйственных культур?
48. Что такое «вегетационный период»?
49. Что такое «безморозный период»?
50. Методы защиты растений от заморозков.
51. Цель агроклиматического районирования.
52. Что такое «коэффициент увлажнения»?
53. Что такое «испаряемость»?
54. Как ветер влияет на транспирацию растений?
55. Что такое «фотопериодизм»?
56. Роль света в жизни растений.
57. Понятие «ФАР» (фотосинтетически активная радиация).
58. Что такое «фенология»?
59. Для чего ведутся фенологические наблюдения?
60. Что такое «порог биологического развития»?
61. Раздел 4: Водный режим и увлажнение (Вопросы 61-80)
62. Основные источники влаги для сельскохозяйственных культур.
63. Что такое «влажность почвы»?
64. Что такое «влажность завядания»?

65. Что такое «наименьшая влагоемкость» (НВ) почвы?
66. Методы измерения влажности почвы.
67. Что такое «продуктивная влага»?
68. Как рассчитывается запас влаги в почве?
69. Что такое «водный баланс» поля?
70. Что такое «дефицит водного баланса»?
71. Как рассчитывается оросительная норма?
72. Влияние недостатка влаги на рост и развитие растений.
73. Влияние избытка влаги на рост и развитие растений.
74. Что такое «эрозия почвы» (водная и ветровая)?
75. Меры борьбы с ветровой эрозией.
76. Меры борьбы с водной эрозией.
77. Что такое «ливень» и чем он опасен для сельского хозяйства?
78. Что такое «град» и методы борьбы с градобитием?
79. Что такое «иней» и «гололед»?
80. Что такое «туман» и его влияние на сельское хозяйство?
81. Роль снежного покрова в увлажнении и защите растений.
82. Как метеоусловия влияют на сроки сева сельскохозяйственных культур?
83. Как погода влияет на работу опылителей?
84. Метеорологические условия уборки урожая.
85. Понятие «транспирация» и от чего она зависит.
86. Что такое «коэффициент водопотребления» культуры?
87. Как агрометеорологические данные используются в моделях урожайности?
88. Что такое «агрометеорологический прогноз»?
89. Виды агрометеорологических прогнозов (например, урожайности, сроов сева).
90. Роль метеорологической службы в сельском хозяйстве.
91. Как данные дистанционного зондирования (спутники) используются в грометеорологии?
92. Что такое «защищенный грунт» и как в нем регулируется микроклиат?
93. Влияние городской среды (острова тепла) на агроклимат пригородных зон.

94. Понятие «изменение климата» и его потенциальное влияние на сельское хозяйство региона.

95. Адаптационные меры в сельском хозяйстве к изменению климата.

96. Что такое «заморозки» и методы борьбы с ними.

97. Что такое «проветривание склонов» и его значение?

98. Как рельеф местности влияет на распределение осадков?

99. Что такое «инверсия температуры» и ее значение для сельского хозяйства?

100. Понятие «сумма эффективных температур».

101. Основные задачи современной агрометеорологии.

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Современные изменения климата: причины, доказательства и последствия для планеты.
2. Антропогенное влияние на глобальный климат: парниковый эффект и городские «острова тепла».
3. Климатообразующие факторы: астрономические, географические и циркуляционные.
4. Роль Мирового океана в формировании и регулировании климата Земли.
5. Циркуляция атмосферы: общая схема, западный перенос, муссоны.
6. Классификации климатов Земли (по Кёппену, Алисову, Торнтвейту).
7. Палеоклиматология: методы изучения и реконструкции климатов прошлого.
8. Влияние солнечной активности на климатические variations Земли.
9. Озонный слой: его роль в климатической системе и современное состояние.
10. Климатические модели (GCM, RCM) и их использование для прогнозирования климата будущего.
11. Агроклиматические ресурсы региона: оценка, картографирование и рациональное использование.
12. Агроклиматическое районирование территории: принципы, методы и практическое значение.
13. Водный баланс агроценозов и методы его регулирования (орошение, осушение).
14. Засухи и суховеи: причины возникновения, классификация и методы борьбы с ними.
15. Зимостойкость и морозоустойчивость сельскохозяйственных культур: агроклиматические аспекты.
16. Фенология сельскохозяйственных культур и ее использование в агрометеорологических прогнозах.
17. Агроклиматические основы проектирования и размещения полезащитных лесных полос.

18. Оценка влагообеспеченности территории для нужд сельского хозяйства.

19. Теплообеспеченность вегетационного периода и ее роль в размещении сельскохозяйственных культур.

20. Агроклиматические риски и методы их минимизации в современном земледелии.

21. Влияние прогнозируемых изменений климата на продуктивность основных зерновых культур.

22. Агроклиматические условия возделывания озимой пшеницы и оценка рисков ее перезимовки.

23. Агроклиматическое обоснование возделывания кукурузы на зерно в условиях умеренного климата.

24. Климатические основы льноводства: требования льна-долгунца к условиям увлажнения и теплу.

25. Агроклиматическая характеристика вегетационного периода для плодовых культур (на примере яблони).

26. Влияние микроклимата на продуктивность овощных культур в открытом и защищенном грунте.

27. Агроклиматические аспекты организации кормовой базы животноводства.

28. Биоклиматическое обоснование сроков сева яровых культур в условиях рискованного земледелия.

29. Оценка условий увлажнения для получения планируемой урожайности сельскохозяйственных культур.

30. Агроклиматические ресурсы и их использование в органическом земледелии.

31. Современные методы и приборы для агрометеорологических наблюдений.

32. Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в агроклиматологии.

33. Геоинформационные системы (ГИС) и их применение для оценки агроклиматических ресурсов.

34. Агрометеорологические прогнозы: виды, методы составления и практическое использование.

35. Модели продуктивности сельскохозяйственных культур на основе агроклиматических данных.

36. Кадастр агроклиматических ресурсов региона: структура, наполнение и использование.

37. Агроклиматический мониторинг: задачи, методы организации и интерпретация данных.

38. Оценка заморозкоопасности территории и методы защиты сельскохозяйственных культур.

39. Ветровая эрозия почв: агроклиматические условия возникновения и методы защиты.

40. Водная эрозия почв: роль климатических факторов в ее проявлении

41. Агроклиматическая характеристика и специализация сельского хозяйства Центрального региона России.

42. Особенности агроклиматических ресурсов и риски земледелия в Южном федеральном округе.

43. Агроклиматические условия и проблемы сельского хозяйства в зоне недостаточного увлажнения (на примере Поволжья).

44. Климат в условиях муссонного климата (на примере Дальнего Востока).

45. Агроклиматические ресурсы горных территорий и особенности их использования (на примере Северного Кавказа).

46. Специфика агроклиматических условий и приспособление к ним сельского хозяйства в условиях Севера.

47. Влияние крупных водоемов (на примере озер Байкал, Ладожское) на региональный климат.

48. Агроклиматическое районирование для целей точного земледелия.

49. Сравнительный анализ агроклиматических ресурсов двух различных регионов (на выбор).

50. Адаптация систем земледелия к локальным агроклиматическим условиям (на конкретном примере хозяйства).

КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ

1. Атмосферное давление с высотой
1. Возрастает
2. Не изменяется
3. Уменьшается

2. Фотосинтетически активная радиация лежит в области
1. Видимой
2. Ультрафиолетовой
3. Инфракрасной частей спектра

3. Коффициент полезного использования фотосинтетически активной радиации кпифар принимает значения
1. 1% -5%
2. 10% -20%
3. 30%-40%
4. До 80%

4.энергитическую освященность солнечного излучения измеряют
1. Гпа
2. Бт
3. В г/м2

5. При оптимальных условиях увлажнения и питания для обеспечения максимального фар в посевах соотношение площади листовой поверхности и площади посевов должно быть
1. 2:5
2. 3 : 1
3. 4 : 1

6. Для циклона характерна погода
1. Дождливая, пасмурная
2. Ясная, солнечная

7. Для антициклона характерна погода
1. Дождливая, пасмурная
2. Ясная, солнечная

8. Растение целесообразно выращивать в данном регионе, если оно обеспечено там теплом не менее чем на
1. 100%
2. 90%
3. 80%
4. 70%

9. Если теплая воздушная масса натекает на болле холодную, то фронт между ними называется
1. Теплым
2. Холодным

10. Тепловыми своствами почвы являются
1. Удельный вес
2. Теплоемкость и теплопроводность
3. Влажность
4. Высота снежного покрова

11. Почва под растительным покровом теплее
1. Летом
2. Зимой

12. Скорость прорастания семян с повышением температуры почвы
1. Не изменяется
2. Возрастает
3. Уменьшается

13. Кущение многих злаков наиболее интенсивно происходит при температуре
1. 15 -20°с
2. 5 - 10°с
3. 10- 15°с

14. Усиление жизнедеятельности микроорганизмов, использование азота и фосфора с повышением температуры почвы
1. Возрастает
2. Уменьшается
3. Не изменяется

15. Повышают температуру почвы следующие мероприятия
1. Снегозадержание, рыхление, мульчирование светлыми материалами, орошение, лесные полосы
2. Снегозадержание, прикатывание, мульчирование темными материалами, использование прозрачной полиэтиленовой пленки, создание гребней и гряд, дренирование

16. Уменьшают температуру почвы следующие мероприятия
1. Дренирование, гребни и гряды, зачернение торфяной мульчей, прикатывание
2. Рыхление, полив, лесные полосы

17. Психометрические термометры служат для
1. Измерения давления воздуха
2. Минимальной температуры воздуха
3. Температуры и влажности воздуха
4. Максимальной и минимальной температуры воздуха

18. Максимальный термометр устанавливается в психометрической будке в слудующем положении
1. Вертикально
2. Горизонтально
3. С небольшим наклоном в сторону резервуара
4. Наклонно под углом 45°

19. Максимальный термометр показывает наибольшие температуры по следующей причине
1. Резервуар термометра заполнен ртутью
2. Вход в капилляр стеснен стеклянным штифтом
3. В капилляре создается воздушная пробка

20. Резервуар минимального термометра заполнен
1. Ртутью
2. Спиртом
3. Толуолом

21. Минимальный термометр фиксирует наименьшую температуру благодаря следующей особенности

1. Резервуар наполнен спиртом
2. Капилляр сужен стеклянным штифтом
3. В капилляре создается воздушная пробка
4. Штифт плавает в капилляре

22. Максимальный и минимальный термометры имеют следующую цену деления

1. 0,1°
2. 0,2°
3. 1,0°
4. 0.5°

23. Термограф предназначен для

1. Записи мгновенных микроколебаний температуры воздуха
2. Автоматической непрерывной записи хода температуры воздуха
3. Записи минимальной и максимальной температуры воздуха

24. С высотой температура воздуха в свободной атмосфере непрерывно

1. Возрастает
2. Падает
3. Не изменяется

25. Вертикальный градиент температуры - это величина изменения температуры на:

1. Каждые 500м поднятия
2. Каждые 100м поднятия
3. Каждые 1000м поднятия

26. Вертикальный градиент температуры

1. $\text{Вгт} = \frac{(Z_B - Z_\text{н})}{t_\text{н} - t_\text{в}} \times 100\%$
2. $\text{Вгт} = \frac{(t_B - t_\text{н})}{Z_\text{в} - Z_H} \times 100\%$
3. $\text{Вгт} = \frac{(t_H - t_B)}{Z_B - Z_\text{н}} \times 100\%$

27. Вертикальный градиент температуры положителен, если
I- $t_b > t_h$
2.$t_b = t_h$
3.$t_b < t_h$

28.0пределите тип годового хода температуры, если амплитуда достигает над материками 50 - 60°, а над океаном 15-20°
1. Экваториальный
2. Тропический
3. Умеренного пояса
1. Полярный

29. Амлитуда годового хода температуры воздуха
1. Среднее значение месячных температур воздуха
2. Разность значений месячных температур самого теплого и самого холодного
Месяцев

30. Относительная влажность
1. $f = \frac{e}{E \times 100\%}$
2. $f = \frac{E}{e \times 100\%}$
3. $f = E - e$

31. Дефицит упругости водяного пара
1. D = e-e
2. D = e/e т00%
3. D = e-e

32. Суточный ход относительной влажности воздуха
1. Совпадает с ходом температуры воздуха
2. Противоположен ходу температуры

33. Годовой ход упругости пара
1. Совпадает с годовым ходом температуры воздуха
2. Противоположен годовому ходу температуры воздуха

34. Испарение - это переход вещества в состояние
1. Жидкое
2. Газообразное
3. Твердое

35. Скорость испарения с водной поверхности с увеличением ее температуры, дефицита упругости пара над ней и скорости ветра
1. Не изменяется
2. Возрастает
3. Уменьшается

36. Испарение воды растениями
1. Завядание
2. Фотосинтез
3. Транспирация

37. Конденсация - это переход водянного пара в состояние
1. Жидкое
2. Газообразное
1. Твердое

29. Облака среднего яруса
1. Перистые, перисто-слоистые
2. Кучевые, слоисто-дождевые
3. Высоко-кучевые, высоко-слоистые

30. Приборы, измеряющие количество выпавших осадков на метеостанциях
1. Гелиограф и термограф
2. Осадкомер и плювиограф
3. Гигрограф и барограф

31. Формула для определения влажности почвы
1. $W = \frac{(p_1 - P_2)}{P_1} \times 100\%$
2. $W = \frac{(p_2 - P_1)}{P_2}$

3. $W = \frac{(P_2 - P_1)}{P_2} \times 100\%$

32. Гидротермический коэффициент

1. Гтк $= \frac{\sum t}{r \times 10}$
2. Гтк $= \frac{\sum r}{0.1 \sum t_{>10^\circ C}}$

33. Наиболее интенсивные заморозки наблюдаются

1. На ровных, плоских участках
2. На вершинах и верхних частях склонов
3. В котловинах и сырых низинах

34. Основной причиной возникновения засух и суховеев является

1. Близость пустынь
2. Антициклоны арктического происхождения

35. Критерий засухи по гидротермическому коффициенту (гтк)

1. 1,0
2. 0,8
3. 0,6

36. Началом засухи следует считать, если запасы влаги в пахатном горизонте (0-20 см) почвы опускаются ниже

1. 50 мм
2. 20 мм
3. 30 мм

37. Критерий суховея по недостатку насыщения воздуха (гпа) в дневной срок наблюдения (12ч)

1. 10
2. 5
3. 20

38. Критическая температура на глубине залегания узла кущения озимой пшеницы, вызывающая вымерзания

1. -10°

2. -12°
3. -16°

39. Мощный снежный покров (более 30 см) на озимых при слабом промерзании почы приводит к
1. Вымерзанию
2. Выпиранию
3. Выпреванию
4. Вымоканию

40. В качестве агроклиматических показателей потребности растений в тепле используют
1. Среднемесячные температуры воздуха
2. Разность между максимальной и минимальной температурами за месяц
3. Суммы активных и эффективных температур

41. Сумма активных температур выше 10°с при среднесуточных температурах 18, 12, 7° равна
1. 17°
2. 30°
3. 37°

42. Климатообразующими факторами являются
1. Давление воздуха, ветер и облачность
2. Осадки, влажность воздуха и почвы
3. Приход солнечной радиации, особенности подстилающей поверхности и циркуляции атмосферы

43. Климатом называется
1. Фактическое состояние атмосферы в данный момент времени
2. Многолетний средний режим погоды, обусловленный приходом солнечной радиации, особенностями подстилающей поверхности и циркуляции атмосферы
3. Состояние погоды в различные сезоны года, складывающееся под влиянием ветра и облачности

53.0бщее агроклиматические районирование
1. Составление климатической карты земли
2. Деление территории по принципу сходства и различия агроклиматических условий
3. Выделение общих природных зон

54. Частное агроклиматическое районирование
1. Агроклиматическое районирование в конкретном хозяйстве
2. Выделение климатических особенностей небольших территорий
3. Районирование для одной конкретной с.-х. Культуры

55. Фитоклимат
1. Температура, влажность и освещенность, задаваемые в фитотроне
2. Микроклимат растительных сообществ или микроклимат в посевах с.-х. Культур
3. Климат в теплице

56. Объектом агрометеорологических наблюдений являются
1. Давление, температура, солнечная радиация, осадки
2. Погода и климат в период активной вегетации
3. Посевы с.-х. Культур в различные сезоны года

57. К агрометеорологическим прогнозам относятся
1. Прогнозы тепло- и влагообеспеченности, фенологические прогнозы, прогнозы неблагоприятных явлений погоды, прогнозы урожайности с.-х. Культур
2. Прогнозы погоды краткосрочные и долгосрочные
3. Гидрологические прогнозы по сезонам года

ЗАДАЧИ ПО АГРОКЛИМАТОЛОГИИ

1. Для начала цветения яблони сорта 'Антоновка' требуется СЭТ > +5°С, равная 225°С. На 1 апреля сумма составила 75°С. Среднесуточные температуры прогнозируются: +8°С, +10°С, +12°С, +9°С, +14°С. Рассчитайте ожидаемую дату цветения.

2. После теплой зимы и раннего старта вегетации в начале апреля случились заморозки до -5°С, которые приостановили развитие почек на 5 дней. Как это повлияет на прогнозируемую дату цветения, рассчитанную по СЭТ?

3. Сорт яблони 'Белый налив' требует СЭТ > +5°С = 190°С, а 'Осеннее полосатое' – 250°С. На 10 апреля сумма температур составила 150°С. Рассчитайте разницу в ожидаемых сроках цветения между сортами.

4. Сорт груши, выведенный в Краснодарском крае (СЭТ > +5°С для цветения = 210°С), планируют выращивать в Подмосковье, где СЭТ >+5°С за вегетационный период на 300°С меньше. С какими рисками столкнутся садоводы?

5. Для выхода из глубокого покоя и последующего нормального цветения яблоне требуется накопить 1200 часов с температурой ниже +7°С. Зима была теплой, и к 1 января набрано только 800 часов. Как это отсрочит цветение?

6. На южном склоне СЭТ накапливается на 15% быстрее, чем на равнине. Если на равнине цветение яблони ожидается 15 мая, когда оно наступит на южном склоне?

7. Модель для вишни: после удовлетворения потребности в холоде (1000 часов <+7°С) для цветения требуется 180°С СЭТ >+5°С. Потребность в холоде удовлетворена 1 марта. Рассчитайте дату цветения при средних температурах марта +3°С, апреля +8°С.

8. Яблоня зацветает через 10 дней после цветения мать-и-мачехи и через 2 дня после цветения березы. Мать-и-мачеха зацвела 10 апреля. Рассчитайте ожидаемые сроки цветения березы и яблони.

9. Средняя многолетняя дата цветения яблони – 15 мая, а средняя дата последнего заморозка – 5 мая. Рассчитайте вероятность повреждения цветков заморозком. Как изменится риск, если цветение из-за теплой весны сместится на 5 мая?

10. В центре города СЭТ накапливается на 20% быстрее, чем в сельской округе. Если за городом цветение ожидается 20 мая, когда зацветут деревья в городском парке?

11. После периода накопления СЭТ наступила прохладная (+6°C) и дождливая погода. Как это повлияет на скорость развития генеративных органов?

12. В интенсивном саду с капельным орошением почва прогревается быстрее. Это ускоряет накопление СЭТ в приземном слое на 10%. Как скорректировать модель прогноза для такого сада?

13. По модели «Сумма эффективных температур» цветение черешни ожидается 25 апреля. По фенологическим наблюдениям за сиренью (которая зацветает на 5 дней раньше черешни) ее цветение ожидается 28 апреля. Какой прогноз более точен и почему?

14. Зимой были длительные оттепели с температурами до +8°C. Часть часов холода была «аннулирована». Как это повлияет не только на сроки, но и на дружность и продолжительность цветения?

15. Ремонтантная малина цветет на побегах текущего года. Зависит ли срок ее летнего цветения от весенних температур? Как построить модель прогноза для нее?

16. Цветение яблонь в хозяйстве началось на 12 дней раньше среднемноголетних сроков. Оцените риски и потенциальные экономические потери от недостатка опылителей (пчелы еще не активизировались).

17. Деревья на карликовом подвое начинают вегетацию раньше, чем на семенном. Какую поправку нужно ввести в модель прогноза для сада на карликовых подвоях?

18. Цветение косточковых культур сильно коррелирует с температурой почвы в корнеобитаемом слое. При прогреве почвы до +10°C на глубине 20 см начинается сокодвижение, а цветение наступает через 100 градусо-дней >+5°C после этого. Почва прогрелась до +10°C 25 марта. Рассчитайте дату цветения.

19. Засуха в предвегетационный период замедлила развитие почек, несмотря на достаточное количество тепла. Почему это произошло?

20. За последние 20 лет средняя дата цветения яблони сместилась с 20 мая на 10 мая. Рассчитайте, на сколько градусов увеличилась СЭТ за этот период за апрель-май.

21. Рассчитайте коэффициент увлажнения (по Иванову) для района, где годовая сумма осадков составляет 550 мм, а годовая испаряемость - 650 мм. Дайте оценку условий увлажнения.

22. В метровом слое почвы под озимой пшеницей определили запасы влаги: 0-20 см - 35 мм, 20-50 см - 55 мм, 50-100 см - 90 мм. Рассчитайте общий запас продуктивной влаги.

23. Кукуруза требует 300 мм воды за вегетацию. Ожидаемая сумма осадков - 220 мм. Почвенные запасы влаги к началу сезона - 50 мм. Достаточно ли этого, если коэффициент водопотребления равен 1?

24. Образец почвы массой 50 г после высушивания весит 42 г. Определите весовую влажность почвы в %.

25. Монолит почвы объемом 100 см³ после насыщения водой увеличил массу на 38 г. Рассчитайте полную влагоемкость (ПВ) в мм водного столба на метровом слое.

26. Дефицит водного баланса за вегетацию под овощами составляет 1200 м³/га. Рассчитайте оросительную норму с учетом КПД оросительной системы 0,8.

27. С 1 га посева пшеницы получено 5 т сухого вещества. Транспирация за вегетацию составила 2500 т/га. Найдите коэффициент транспирации.

28. Полевая влажность почвы перед выпадением осадков составляла 45 мм в слое 0-20 см. Выпало 15 мм осадков. Рассчитайте новый запас влаги.

29. Рассчитайте ГТК за период с 1 по 10 июля, если сумма осадков составила 35 мм, а сумма температур - 215°С. Дайте оценку.

30. Вероятность обеспечения озимых продуктивной влагой в метровом слое к началу весенней вегетации составляет 70%. Запас влаги - 140 мм. Следует ли планировать весенние влагозарядковые мероприятия?

31. За вегетационный период приход ФАР составил 2.5 × 10^9 кДж/га. КПД фотосинтеза культуры - 2.5%. Калорийность 1 кг сухого вещества - 18000 кДж. Рассчитайте потенциальную урожайность в ц/га.

32. Сумма осадков за период с температурой выше +10°С составила 220 мм, а сумма температур - 2400°С. Рассчитайте ГТК Селянинова.

33. Уклон поля - 5%, длина склона - 200 м. Ожидается ливень интенсивностью 25 мм/час. Оцените риск водной эрозии.

34. Влажность только что убранного зерна пшеницы составляет 22%. Для хранения необходимо снизить ее до 14%. Относительная влажность воздуха - 65%, температура +18°C. Можно ли проводить активную вентиляцию наружным воздухом?

35. Влажность почвы перед поливом составляла 60% от НВ в слое 0-50 см. НВ данного слоя - 150 мм. До какой влажности нужно провести полив, если поливная норма задана в 50 мм?

36. Ширина лесополосы 15 м, высота 10 м. На какое расстояние распространяется ее ветроломное действие?

37. Для успешного опыления огурца требуется температура +18...+25°C и влажность не выше 70%. Прогноз: +22°C и влажность 85%. Оцените риски.

38. Дефицит водного баланса (испарение - осадки) за вегетацию составил -200 мм. Коэффициент подпитки грунтовыми водами - 0,2. На сколько может понизиться уровень грунтовых вод?

39. Для получения урожая яровой пшеницы 40 ц/га требуется 3000 м³/га воды. Сумма осадков за вегетацию - 180 мм (1800 м³/га), запасы продуктивной влаги перед севом - 120 мм. Рассчитайте объем орошения.

40. Годовая сумма осадков станции - 350 мм, а годовая испаряемость - 900 мм. Рассчитайте индекс аридности (по де Мартонну).

41. Минимальная температура зимой опустилась до -25°C при высоте снежного покрова 15 см. Критическая температура вымерзания для озимой ржи на узле кущения -18°C. Оцените риск гибели посевов.

42. Зима характеризовалась частыми оттепелями. Максимальная глубина промерзания почвы составила 45 см (средняя многолетняя - 70 см). С какими рисками для озимых это связано?

43. Высота снежного покрова 60 см, плотность - 0.15 г/см³. Рассчитайте запас воды в снеге и оцените его теплоизолирующие свойства.

44. После снегопада высота снега составляет 45 см, плотность - 0.12 г/см³. Рассчитайте запас воды в снежном покрове.

45. Температура почвы на глубине узла кущения озимых (3 см) составляет -5°C. Критическая температура -17°C. Оцените риск вымерзания.

46. Над снежным покровом температура -20°C, под снегом (у поверхности почвы) -3°C. Рассчитайте теплоизолирующий эффект снега.

47. В течение 60 дней зимой на поле лежал снег высотой 50 см, под которым образовался ледяной карст. Температура у узла кущения озимых была -1°C. Оцените риск выпревания.

48. Глубина промерзания почвы под снегом 50 см. Рассчитайте, как изменится промерзание при увеличении высоты снега с 30 до 60 см.

49. После снегозадержания высота снега увеличилась с 50 до 70 см, плотность уменьшилась с 0.28 до 0.23 г/см³. Рассчитайте изменение запаса воды.

50. Запас воды в снеге 150 мм. Рассчитайте ожидаемый объем стока при коэффициенте стока 0.85.

51. Рассчитайте индекс суровости зимы (сумма отрицательных температур) для декабря (-10°C), января (-15°C), февраля (-12°C).

52. Над снегом температура -15°C, на глубине 20 см в снегу -5°C. Объясните распределение температуры.

53. Минимальный термометр на поверхности почвы показал -3°C, а на глубине 2 см - 0°C. Были ли условия для повреждения всходов?

54. После дождя на снегу образовалась ледяная корка толщиной 2 см. Как это повлияет на тепловой режим почвы и зимующих растений?

55. Плотность свежевыпавшего снега 0.08 г/см³. Рассчитайте, как изменится плотность через месяц при средней температуре -10°C.

56. Рассчитайте нагрузку на 1 м² от снега высотой 70 см и плотностью 0.2 г/см³. Оцените риск повреждения зимующих растений.

57. Граница промерзания почвы находится на глубине 40 см (температура -0.5°C), на 45 см температура -1.0°C. Где точно находится граница?

58. Запас воды в снеге 120 мм. Рассчитайте, насколько увлажнится почва на глубине 0-50 см при полном впитывании.

59. Снегомерная съемка показала запас воды 120 мм, а осадкомер - 100 мм. Рассчитайте поправочный коэффициент для осадкомера.

60. Средняя высота снега 65 см, средняя плотность 0.25 г/см³, коэффициент вариации 15%. Рассчитайте запас воды с доверительным интервалом.

61. В ясный день суммарная радиация составила 6500 МДж/га. Рассчитайте количество ФАР, если на ее долю приходится 45%.

62. Продолжительность дня 15 июня - 17 часов. Из них 8 часов была пасмурная погода. Какова была фактическая продолжительность солнечного сияния?

63. Радиационный баланс агроценоза за сутки составил +1200 МДж/га. Поглощенная радиация - 2800 МДж/га. Рассчитайте эффективное излучение.

64. Индекс листовой поверхности (ИЛП) посева кукурузы = 4 в течение 40 дней. Рассчитайте фотосинтетический потенциал.

65. Сравните поступление суммарной радиации на южный и северный склоны крутизной 10° в день летнего солнцестояния.

66. Рассчитайте УФ-индекс для ясного дня при высоте солнца 45° и 60°.

67. Над полем пшеницы с ИЛП=3 альбедо составляет 0.23. Рассчитайте поглощенную радиацию при суммарной радиации 800 Вт/м².

68. За вегетационный период приход ФАР составил 2.2 × 10^9 кДж/га. КПД фотосинтеза - 2%. Рассчитайте потенциальную урожайность ячменя.

69. В теплице с поликарбонатным покрытием (коэффициент пропускания 0.7) снаружи суммарная радиция 900 Вт/м². Рассчитайте радиацию внутри.

70. Рассчитайте фототермический индекс за сутки, если средняя температура +15°C, а продолжительность дня - 14 часов.

71. После пожара альбедо лесной территории уменьшилось с 0.15 до 0.10. Рассчитайте увеличение поглощенной радиации.

72. Для водной поверхности при высоте солнца 30° альбедо составляет 0.15, при 10° - 0.40. Объясните разницу.

73. Рассчитайте радиационный баланс для поверхности с альбедо 0.8 (снег) и 0.2 (почва) при одинаковой суммарной радиции.

74. Пасмурность уменьшает приход прямой радиации на 80%, но увеличивает рассеянную на 50%. Как это влияет на ФАР?

75. Рассчитайте долю рассеянной радиации в общем приходе при ясном небе (10%) и сплошной облачности (100%).

76. Для фотосинтеза томата в теплице требуется не менее 200 Вт/м² ФАР. При какой наружной радиации нужно включать досвечивание, если коэффициент пропускания теплицы 0.6?

77. Суточный ход радиационного баланса имеет максимум в полдень. Объясните, почему температура максимума запаздывает.

78. Рассчитайте количество ФАР за день, если интегральная дневная радиация составила 18 МДж/м².

79. Угол падения солнечных лучей на склон южной экспозиции крутизной 15° в полдень 22 июня на широте 55° с.ш.

80. Листовая поверхность поглощает 90% ФАР. Рассчитайте эффективность использования ФАР при фотосинтезе, если продуктивность посева 10 т/га сухого вещества.

81. Дана характеристика региона: САТ=2400°С, годовая сумма осадков=450 мм, коэффициент увлажнения=0.6, безморозный период=150 дней. Дайте оценку пригодности для интенсивного земледелия.

82. Фермерское хозяйство расположено в зоне, где раз в 5-7 лет случаются поздневесенние заморозки в первой декаде июня. Предложите стратегии минимизации убытков.

83. Проанализируйте синоптическую ситуацию: давление падает, ветер сменился с юго-восточного 3 м/с на юго-западный 8 м/с, температура повысилась с +10°С до +15°С. О приближении какого фронта это свидетельствует?

84. Рассчитайте эвапотранспирацию по формуле Харгривза для среднесуточной температуры +20°С и солнечной радиации 22 МДж/м²/день.

85. Вероятность возникновения засухи (ГТК<0.7) в июле, по многолетним данным, составляет 24%. Рассчитайте, в сколько лет из 50 наблюдалась засуха.

86. Для развития колорадского жука от яйца до имаго требуется СЭТ +12°С = 210°С. Температура почвы достигла +12°С 1 июня. Когда ожидать появление жуков при среднесуточной температуре воздуха +20°С?

87. Рассчитайте углеродный баланс агроценоза: пшеница с урожайностью 4 т/га аккумулировала 16 т/га CO_2. На производство удобрений и работу техники затрачено 2 т условного топлива (1 т у.т. ≈ 3 т CO_2).

88. По модели RCP 4.5 к 2050 году ожидается увеличение САТ на 300°С. Как это повлияет на зону рискованного земледелия?

89. Рассчитайте индекс сухости Будыко: годовой радиационный баланс 1200 МДж/м², годовая сумма осадков 600 мм (2400 МДж/м² затрат на испарение).

90. В результате пыльной бури прозрачность атмосферы снизилась. Как это повлияет на приход прямой и рассеянной радиации?

91. По ширине годичных колец установлено, что засушливые годы повторялись с периодом 10-12 лет. Совпадает ли это с данными метеонаблюдений за последние 50 лет?

92. Рассчитайте ожидаемое изменение уровня грунтовых вод, если дефицит водного баланса (испарение - осадки) составил -200 мм, а коэффициент подпитки 0.2.

93. Для получения запланированного урожая яровой пшеницы 40 ц/га требуется 3000 м³/га воды. Сумма осадков за вегетацию - 180 мм (1800 м³/га), запасы продуктивной влаги перед севом - 120 мм. Рассчитайте объем орошения и предложите стратегию поливов.

94. Оцените влияние увеличения САТ на 300°С к 2050 году на специализацию сельского хозяйства в умеренной зоне.

95. Рассчитайте фотосинтетический потенциал посева с ИЛП=5 в течение 50 дней.

96. Проанализируйте риск вымерзания озимых при температуре на глубине узла кущения -14°С, критическая температура -17°С, но при наличии ледяной корки.

97. Предложите комплекс агрометеорологических мероприятий для снижения риска засухи в зоне неустойчивого увлажнения.

98. Рассчитайте экономический ущерб от града, повредившего 30% листовой поверхности подсолнечника в фазе образования корзинки, при потенциальной урожайности 20 ц/га.

99. Разработайте алгоритм принятия решения о проведении полива на основе данных о влажности почвы, прогнозе погоды и фазе развития культуры.

100. На основе многолетних данных постройте карту агроклиматического районирования территории для целей оптимального размещения сельскохозяйственных культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Город формирует собственный местный (мезо-) климат, радикально отличающийся от условий окружающей природной территории.

Основные черты городского климата – формирование «острова тепла», изменение режима влажности и осадков, специфический ветровой и радиационный режимы – являются прямым следствием преобразования природных ландшафтов. Эти изменения обусловлены высокой теплоёмкостью и низким альбедо искусственных покрытий, техногенными тепловыделениями, загрязнением атмосферы и пространственной структурой застройки.

Метеорология как фундаментальная и прикладная наука является физикой атмосферы и важнейшей составляющей геофизики. Её предмет – изучение физических свойств газовой оболочки Земли, физико-химических процессов в ней и метеорологических элементов (температуры, давления, влажности, ветра, осадков, облачности, радиации), формирующих погоду и климат.

Практическая задача метеорологии – всестороннее обслуживание народного хозяйства, обороны и общества путём предоставления данных о фактических и прогнозируемых метеоусловиях, что позволяет максимально использовать благоприятные и минимизировать ущерб от неблагоприятных явлений.

Таким образом, методы метеорологических наблюдений представляют собой динамично развивающийся комплекс, в котором традиционные инструментальные методы успешно интегрируются с высокотехнологичными дистанционными и моделирующими подходами. Их совершенствование и комплексное применение – залог прогресса метеорологической науки и надёжная основа для принятия жизненно важных решений в условиях меняющейся природной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алисов Б.П., Полтарсиус Б.В. Климатология: Учебник для географических фа-культетов ун-тов. -- М.: Изд-во МГУ, 1974. -299 с.

2. Анапольская Л.Е., Гандин Л.О. Метеорологические факторы теплового режимазданий. -- Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 240 с.

3. Аронин Дж. Э. Климат и архитектура: Пер. с англ. - М.: Госстройиздат, 1959.-250 с.

4. Атлас облаков / Под ред. А.Х. Хриана. Л.:, Гидрометеоиздат, 1978.

5. Бабков Ф.В., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. I. - М.:Транспорт, 1987. — 367 с.

6. Бахарев Д.В. Способ построения графической картины инсоляции экранируемо-го пространства // Естественное освещение и инсоляция зданий. - М.: 1968. - С. 224-232.

7. Бедритдинов, А. Р. Агрометеорология [Текст] : учебное пособие / А. Р. Бедритдинов. – Уфа : БГАУ, 2015. – 160 с.

8. Беляев, В. И. Дистанционные методы в агрометеорологии [Текст] / В. И. Беляев, А. А. Белинская. – М. : ИКИ РАН, 2011. – 145 с.

9. Брянский, Л. Н. Метрология и электроизмерительная техника [Текст] : учебное пособие / Л. Н. Брянский, В. А. Кухарь. – М. : Инфра-М, 2017. – 336 с.

10. Будыко М.И. Климат и жизнь. - Л.:Гидрометеоиздат, 1977. — 472 с.

11. Влияние местных природно-климатических условий на проектирование городов:Доклады к конференции ”Климат--город~человек”. - М.: Гидрометеоиздат, 1974. —180 с.

12. Воейков А.И. Избранные сочинения. —М. - Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - 750 с.

13. Востокова, Е. И. Агрометеорология [Текст] : учебник для вузов / Е. И. Востокова, Л. Н. Ермакова, А. И. Страшная. – СПб. : Лань, 2018. – 312 с.

14. Григоров Н.О., Саенко А.Г., Восканян К.Л. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Метеорологические приборы. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2012. 306 с.

15. Гуляев, Г. В. Практикум по агрометеорологии [Текст] / Г. В. Гуляев, В. А. Журавлев. – М. : КолосС, 2007. – 175 с.

16. Гусев Н.М. Основы строительной фи-зики. - М.: Стройиздат, 1975. - 439 с.

17. Гутчов К. Градостроительные осно-вы. Планировка и застройка жилых райо-нов: Пер. с нем. - М.: Стройиздат, 1967. —147 с.

18. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учебник для вузов / Ю. В. Димов. – 5-е изд. – СПб. : Питер, 2020. – 432 с.

19. Дмитренко, В. П. Агрометеорология [Текст] : учебное пособие / В. П. Дмитренко. – СПб. : Лань, 2019. – 304 с.

20. Дунаев Б.А. Инсоляция жилища. - М.: Стройиздат, 1979. — 104 с.

21. Жилой район и микрорайон: Посо-бие по планировке и застройке // ЦНИИПградостроительства. - М.: Стройиздат, 1971.367 с.

22. Журавлев, В. А. Агрометеорология [Текст] : учебник для студентов вузов / В. А. Журавлев, Г. В. Гуляев. – М. : КолосС, 2012. – 271 с.

23. Заварина М.В. Строительная клима-тология. - М.: Гидрометеоиздат, 1976. -312 с.

24. Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ (ред. от 02.07.2021).

25. Захаров, А. И. Агрометеорологическое обеспечение растениеводства [Текст] / А. И. Захаров. – М. : РГАУ-МСХА, 2013. – 180 с.

26. Использование ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве [Текст] : коллективная монография / под ред. Д. Р. Садыкова. – Казань : Отечество, 2018. – 174 с.

27. Каталог-справочник: Приборы и оборудование для гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей среды. Обнинск, 2010. Ч. 1, 2.

28. Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 456 с.

29. Климат и город: Материалы конфе-ренции "Климат — город -- человек”. — М.,1974. - 152 с.

30. Коваленко П.П. Градостроительная климатология: Конспект лекций. - Горький:Изд-во ГГУ, 1980. - 56 с.

31. Коваленко П.П. логия: Учебное пособие. - Горький: Изд-во ГГУ, 1980. - 38 с.

32. Козлов, В. А. Основы метрологии и электрические измерения [Текст] / В. А. Козлов, В. В. Козлов. – М. : Академия, 2015. – 256 с.

33. Козменко, А. С. Справочник агрометеоролога [Текст] / А. С. Козменко. – Л. : Гидрометеоиздат, 1985. – 262 с.

34. Кондратьев К.Я. Актинометрия. Л.: Гидрометеоиздат, 1965.

35. Ландсберг Г.Е. Климат города: Пер.с англ. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983. -248 с.

36. Лаптев И.П. Теоретические основы охраны природы (Основы созологии).Томск: Изд-во ТГУ, 1975. — 277 с.

37. Лицкевич В.К. Жилище и климат. - М.: Стройиздат, 1987. - 288 с.

38. Лосев, А. П. Агрометеорология [Текст] / А. П. Лосев, Л. Л. Журина. – М. : КолосС, 2001. – 300 с.

39. Метрологическое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции [Текст] : монография / под ред. И. Ф. Горлова. – Волгоград : ФГБНУ «ВНИИООТ», 2016. – 210 с.

40. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. Л.: 1985, Вып. 3. Ч. 1. 302 с.

41. Новицкий, П. В. Основы информационной теории измерительных устройств [Текст] / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

42. Основы метрологии и электрические измерения [Текст] : учебное пособие / под ред. Е. М. Душина. – 7-е изд. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.

43. Павлова, В. В. Моделирование продуктивности агроценозов [Текст] / В. В. Павлова, Е. М. Губаренко. – Обнинск : ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2014. – 188 с.

44. Полевой, А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур [Текст] / А. Н. Полевой. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 175 с.

45. Практикум по агрометеорологии [Текст] / под ред. В. А. Журавлева. – М. : Изд-во РУДН, 2004. – 150 с.

46. Практикум по использованию автоматических метеостанций в агрометеорологии [Текст] : методическое пособие / сост. Н. П. Кобыляцкий. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 98 с.

47. Природно-климатические условия и архитектурно-строительное проектирование: Доклады к конференции "Климат-город-человек”. - М.: Гидрометеоиздат, 1974. - 161 с.

48. Природно-климатическое районирование и проблемы градостроительства: Доклады к конференции "Климат-город-чело- век”. - М.: Гидрометеоиздат, 1974. - 167 с.

49. Пряхина С.И., Морозова С.В., Семенова Н.В., Короткова Н.В. П85 Учебно-методическое пособие «Методы и приборы гидрометеорологических измерений» для студентов, обучающихся по направлениям 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология (бакалавриат), 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология (магистратура) – Саратов: ИЦ «Наука», 2016. – 178 с.

50. Психрометрические таблицы. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 270 с. 8. Атлас облаков. СПб.:, 2006.

51. Рекомендации по методике строительно-климатической паспортизации городов для жилищного строительства / ЦНИИ- ЭП жилища. — М., 1981. - 37 с.

52. Реттер Э.И. Архитектурно-планировочная аэродинамика. - М.: Стройиздат, 1984. - 295 с.

53. РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

54. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 364 с.

55. Сайт Института радарной метеорологии ИРАМ www.iram.ru

56. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учебник для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2019. – 583 с.

57. Серебровский Ф.Л. Аэрация населенных мест. - М.: Стройиздат, 1985. - 170 с.

58. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. — Л.: Гидрометеоиздат, 1968. - 232 с.

59. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Семенова Н.В. Радиационный баланс. Введение в проблему. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2009. 185 с.

60. Справочник проектировщика. Градостроительство. - М.: Стройиздат, 1978. -368 с.

61. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. 2-е изд., перераб. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 224 с.

62. Страшная, А. И. Агрометеорологические риски и страхование урожая сельскохозяйственных культур [Текст] / А. И. Страшная, В. В. Мешкова. – Обнинск : ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 288 с.

63. Строительная светотехника: Тр. ин- та / НИИСФ,- Вып. 23. - М., 1979. - 141 с.

64. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений [Текст] : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. – М. : Высшая школа, 2008. – 205 с.

65. Толмачева Н.И. Методы и средства гидрометеоролических измерений. Уч. пособие. Пермь, Пермский ун-т, 2011. 223 с.

66. Тудрий В.Д., Исмагилов Н.В. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Казань.: Казан. ун-т, 2011. 296 с.

67. Федоров, М. П. Агроклиматические ресурсы и их использование [Текст] / М. П. Федоров. – Л. : Гидрометеоиздат, 1975. – 248 с.

68. Ходжаева Г.К. Метеорологические методы и приборы наблюдений: Учебное пособие. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. унта, 2013. 189 с.

69. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М., 2001.

70. Хромов, С. П. Метеорология и климатология для географических факультетов [Текст] / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. – 7-е изд. – М. : Изд-во МГУ, 2006. – 582 с.

АТЛАС ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И ИНСТРУМЕНТОВ

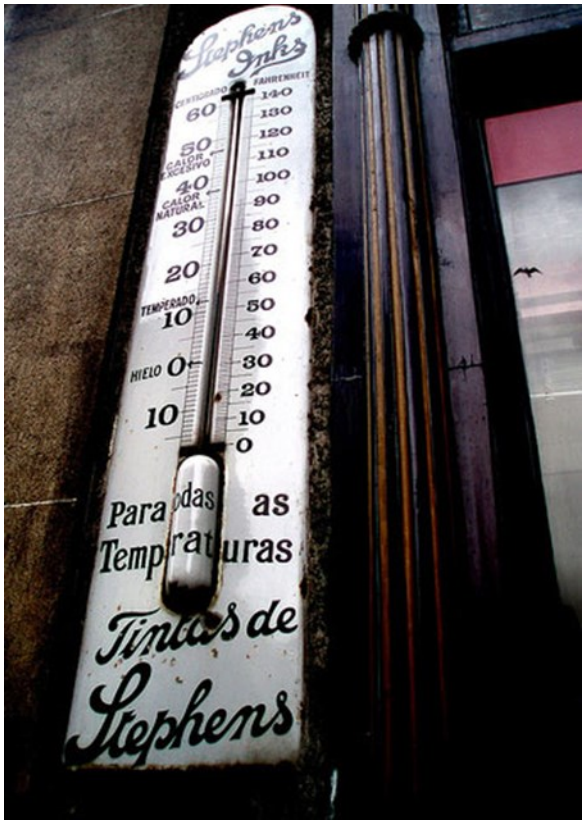


Рис. 146. Термометр

Рис. 147. Барометр

Рис. 148. Гигрометр

Рис. 149. Осадкомер

Рис. 150. Снегомерная рейка

Рис. 151. Термограф

Рис. 152. Гелиограф

Рис. 153. Нефоскоп

Рис. 154. Облакомер

Рис. 155. Анемометр

Рис. 156. Гидрологическая наблюдательная установка

Рис. 157. Метелемер

Рис. 158. Радиозонд

Рис. 159. Шар-зонд

Рис. 160. Шар-пилот

Рис. 161. Метеорологическая ракета

Рис. 162. Метеорологический спутник

ГЛОССАРИЙ

Агроклиматология - наука, изучающая климат как фактор сельскохозяйственного производства.

Агрометеорология - раздел метеорологии, изучающий взаимодействие метеорологических факторов с сельскохозяйственными объектами.

Агроэкосистема - искусственная экосистема, созданная для производства.

Адиабатический процесс - процесс изменения состояния воздуха без теплообмена с окружающей средой.

Активные температуры - температуры выше биологического минимума развития растений.

Альбедо - отражательная способность поверхности, выражаемая в процентах от общей солнечной радиации.

Альбедо - способность поверхности отражать солнечное излучение (выражается в процентах).

Анемометр - прибор для измерения скорости ветра.

Антропогенный фактор - влияние человеческой деятельности на климатические системы.

Аридизация - процесс увеличения сухости климата.

Аридный климат - сухой климат с высокими температурами и малым количеством осадков.

Атмосферная циркуляция - глобальная система перемещения воздушных масс.

Атмосферное давление - сила, действующая на единицу площади земной поверхности со стороны атмосферы.

Атмосферный фронт - переходная зона между двумя воздушными массами с разными свойствами.

Барический градиент - изменение атмосферного давления на единицу расстояния.

Барометр - прибор для измерения атмосферного давления.

Безморозный период - промежуток времени между последним заморозком весной и первым осенью.

Биоклимат - климатические условия, оказывающие непосредственное влияние на живые организмы.

Биом - крупная экосистема, характеризующаяся определенным типом растительности и климатом.

Вертикальный градиент температуры - изменение температуры воздуха с высотой.

Вертикальный градиент температуры - изменение температуры с высотой.

Ветровая эрозия - разрушение и вынос почвы под действием ветра.

Влагоёмкость почвы - максимальное количество воды, которое почва может удержать.

Влажность воздуха - одержание водяного пара в атмосфере.

Влажность завядания - влажность почвы, при которой растения увядают.

Влажный тропический климат - климат с высокими температурами и обильными осадками в течение года.

Водный баланс - соотношение между поступлением и расходом воды на определённой территории.

Гигроскопическая влага - влага, прочно связанная с почвенными частицами и недоступная растениям.

Гидротермический коэффициент (ГТК) - показатель обеспеченности территории влагой (отношение осадков к сумме температур).

Глобальная циркуляция -система ветровых потоков, распределяющая тепло и влагу.

Глобальное потепление - долгосрочное повышение средней температуры климатической системы Земли.

Глобальное потепление - долгосрочное повышение средней температуры Земли.

Гололёд - слой плотного льда, образующийся на поверхности земли и на предметах.

Горный климат - климатические условия в горных районах, характеризующиеся пониженным давлением и температурой.

Градиент температуры - изменение температуры на единицу расстояния.

Градиент температуры - скорость изменения температуры в пространстве.

Деградация вечной мерзлоты - процесс таяния многолетнемерзлых грунтов повышения температур.

Деградация земель - процесс ухудшения качества земель природных или антропогенных причин.

Десертификация - процесс опустынивания, расширения площадей пустынь.

Дефляция - выдувание и перенос частиц почвы ветром.

Дождевание - метод искусственного орошения, имитирующий естественные осадки.

Заморозок - понижение температуры воздуха ниже 0°C в вегетационный период.

Засуха - продолжительный период с недостаточным количеством осадков.

Зимостойкость - способность растений переносить неблагоприятные зимние условия.

Изотерма - линия на карте, соединяющая точки с одинаковой температурой.

Инверсия температуры - аномальное увеличение температуры с высотой вместо ожидаемого уменьшения.

Иней - тонкий слой кристаллов льда, осаждающихся на поверхности.

Инсоляция - количество солнечной радиации, поступающей на поверхность.

Испарение - процесс перехода воды из жидкого состояния в парообразное.

Испаряемость - потенциально возможное испарение при данных метеорологических условиях.

Карбонизация - процесс накопления карбонатов в почве.

Карстование - процесс растворения горных пород с образованием воронок, пещер и других форм рельефа.

Климат - многолетний режим погоды, характерный для данной местности.

Климат - многолетний режим погоды, характерный для данной местности.

Климатическая норма - среднее значение метеорологической величины за многолетний период.

Климатическая система - сложная система, включающая атмосферу, гидросферу, криосферу, литосферу и биосферу.

Климатогенный - вызванный изменением климата.

Климатограмма - график, отображающий годовой ход температуры и осадков.

Конвекция - вертикальное перемещение воздушных масс разности температур.

Континентальность климата - степень выраженности климатических особенностей, связанных с удаленностью от океана.

Коэффициент увлажнения - отношение количества осадков к испаряемости.

Криосфера - часть климатической системы, включающая все виды льда и снега на Земле.

Макроклимат - климат крупных территориальных зон.

Мезоклимат - климат относительно небольших географических районов.

Мелиорация - улучшение неблагоприятных природных условий (например, осушение или орошение).

Метеорология - наука об атмосфере и происходящих в ней процессах.

Микроклимат - климат приземного слоя воздуха на небольшой территории.

Микроклимат - климат приземного слоя воздуха на небольшой территории.

Морской лед - лед, образовавшийся из замерзшей морской воды.

Муссон - устойчивые ветры, периодически меняющие направление на противоположное.

Наименьшая влагоёмкость (НВ) - максимальное количество воды, которое почва может удержать после стекания гравитационной воды.

Низкие температуры - температуры, вызывающие повреждение или гибель растений.

Оазис - участок в пустыне с богатой растительностью и близости воды.

Океанический климат - климат, формирующийся под влиянием океана, с мягкими температурами и высокой влажностью.

Опасное метеорологическое явление (ОЯ) - явление погоды, которое может нанести ущерб экономике и населению.

Оползень - смещение масс горных пород по склону под действием силы тяжести.

Осадки - вода в жидком или твёрдом виде, выпадающая из облаков или осаждающаяся на поверхности.

Осадкомер - прибор для измерения количества осадков.

Относительная влажность почвы - отношение фактической влажности почвы к её полной влагоёмкости.

Палеоклиматология - наука, изучающая климаты геологического прошлого Земли.

Парниковый эффект - повышение температуры нижних слоёв атмосферы поглощения теплового излучения Земли парниковыми газами.

Парниковый эффект - процесс повышения температуры нижних слоев атмосферы и поглощения теплового излучения.

Пассаты - устойчивые ветры, дующие от тропиков к экватору.

Пертурбация - возмущение в атмосфере, вызывающее изменение погодных условий.

Погода - состояние атмосферы в данное время и в данном месте.

Погода - состояние атмосферы в конкретное время в конкретном месте.

Полная влагоёмкость (ПВ) - максимальное количество воды, которое может содержать почва при полном заполнении всех пор.

Продуктивная влага - влага в почве, доступная для поглощения растениями.

Психрометр - прибор для определения влажности воздуха.

Радиационный баланс - разность между поглощенной и отраженной солнечной радиацией.

Радиационный баланс - разность между поглощённой и отражённой солнечной радиацией.

Роза ветров - графическое отображение повторяемости направлений ветра.

Роза ветров - диаграмма, показывающая повторяемость направлений ветра.

Сезонность - регулярные изменения климатических условий в течение года.

Снежный покров - слой снега на поверхности земли, оказывающий влияние на термический режим почвы.

Солнечная постоянная - количество солнечной энергии, поступающей на верхнюю границу атмосферы.

Солнечная радиация - излучение, исходящее от Солнца.

Соляризация - процесс воздействия солнечной радиации на атмосферу и поверхность Земли.

Субарктический климат - климат, характерный для областей, непосредственно прилегающих к Арктике.

Субтропический климат - климат, характерный для областей, расположенных между тропиками и умеренными широтами.

Сумма активных температур (САТ) - сумма температур выше биологического минимума развития растений.

Сумма эффективных температур (СЭТ) - сумма разностей среднесуточной температуры и порогового значения для развития организма.

Суховей - сухой и горячий ветер, вызывающий интенсивное испарение влаги.

Температура воздуха - один из основных метеорологических элементов.

Температурная аномалия - отклонение температуры от среднего многолетнего значения.

Тепловой баланс Земли - соотношение между приходящей и уходящей энергией.

Термограф - самопишущий прибор для непрерывной регистрации температуры.

Термоклин - слой воды в океане, где температура резко меняется с глубиной.

Точка росы - температура, при которой воздух достигает насыщения водяным паром.

Транспирация - испарение воды растениями через устьица.

Тропический климат - климат, характерный для областей между тропиком Рака и тропиком Козерога.

Тропосфера - нижний, наиболее изученный слой атмосферы, где формируется погода.

Туман - скопление водяных капель или кристаллов льда в приземном слое атмосферы.

Увлажнённость - степень обеспеченности территории влагой.

Умеренный климат - климат, характерный для средних широт, с выраженной сезонностью.

Ураган - тропический циклон с очень высокой скоростью ветра.

Устойчивость растений - способность растений противостоять неблагоприятным условиям.

ФАР (фотосинтетически активная радиация) - часть солнечной радиации, используемая растениями для фотосинтеза.

Фён - сухой и теплый ветер, дующий с гор в долины.

Фенология - наука о сезонных явлениях в живой природе.

Фильтрация - процесс просачивания воды через почву или горные породы.

Фитосанитарное состояние - состояние растений с точки зрения их здоровья и поражённости вредителями и болезнями.

Фотосинтез - процесс преобразования солнечной энергии в химическую энергию органических соединений.

Фотосинтез - процесс преобразования энергии света в химическую энергию органических соединений.

Хабуб - сильная песчаная или пыльная буря в пустынных регионах.

Циклон - область низкого атмосферного давления с системой ветров, дующих от периферии к центру.

Шельфовый ледник - плавучая или частично опирающаяся на дно пластина льда, соединенная с берегом.

Эвапотранспирация - сумма испарения с поверхности почвы и транспирации растений.

Экваториальный климат - климат, характерный для областей вблизи экватора, с высокими температурами и обильными осадками.

Экспозиция склона - ориентация склона относительно сторон света и господствующих ветров.

Экстремальные условия - условия, значительно отклоняющиеся от нормы.

Экстримальный климат - климат с экстремальными условиями (очень высокие или низкие температуры, сильные ветры и т.д.).

Экструзия - выдавливание магмы на поверхность Земли.

Эль-Ниньо - колебание температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана.

Эмиссия парниковых газов - выделение парниковых газов в атмосферу природных и антропогенных причин.

Энергетический баланс - соотношение между приходящей и уходящей энергией в климатической системе.

Эрозия почвы - разрушение и снос почвенного покрова.

Явление Ла-Нинья - противоположность Эль-Ниньо, характеризующееся аномальным охлаждением поверхности воды.

Ядро конденсации - мелкие частицы в атмосфере, на которых конденсируется водяной пар.

Ярусность - вертикальная зональность в распределении климатических условий и растительности в горах.

Учебное электронное издание

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Учебно-практическое пособие

Авторы-составители:
РАГИМОВ Александр Олегович
ШЕНТЕРОВА Екатерина Михайловна
МАЗИРОВ Михаил Арнольдович
и др.

Издается в авторской редакции

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader; дисковод CD-ROM.

Тираж 9 экз.

Издательство Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.