### Е. В. Логинова

### ПРИКЛАДНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

### Учебное пособие

### Е. В. Логинова

### ПРИКЛАДНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

### *Курс лекций*

### МИНСК

### БГУ

### 2017

### 

### УДК 551.509.6, 551.586

### ББК 26.237

### Р е ц е н з е н т ы:

### Доктор географических наук, профессор *А.А. Волчек*;

### Доктор географических наук, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси *Т. И. Кухарчик*

### Логинова, Е.В.

### В 70 Прикладная климатология: курс лекций / Логинова, Е.В.– Минск: БГУ, 2015.– 200 с. : ил.

### ISBN

### В курсе лекций рассматриваются вопросы прикладной климатологии, ее отраслей, климатические и метеорологические характеристики, используемые для работы отраслей народного хозяйства, показатели жизнедеятельности человека в условиях разных типов климата.

### Предназначается для студентов географического факультета БГУ специальности гидрометеорология

### УДК 551.509(6), 551.586

### ББК 26.237

### ISBN

### © Логинова Е.В., 2015

### © БГУ, 2015

### Введение

Вопросы климата и погоды постоянно привлекают пристальное внимание, что связано с их огромной ролью в хозяйственной деятельности человека, в развитии, существовании и устойчивости природных территориальных комплексов различного таксономического ранга. В последние годы это внимание усиливается еще значительнее в связи с проблемой антропогенного воздействия и глобальным потеплением. Соответственно усиливается актуальность использования метеорологической и климатической информации для всестороннего анализа взаимосвязей погоды и климата с природными и техническими компонентами территориальных комплексов.

Прикладная климатология имеет важное практическое значение. Учет влияния метеорологических факторов на различные отрасли народного хозяйства и здоровье человека значительно повышает экономическую эффективность этих отраслей.

Многообразны прикладные аспекты использования климатических данных, а кроме того воздействие климатических факторов на различные отрасли народного хозяйства не одинаково.

Специальный курс «Прикладная климатология» читается для студентов производственного направления «Гидрометеорология» в рамках специальности «География». В курсе изучаются теоретические и методические основы оценки влияния метеорологических условий на отдельные отрасли экономики и жизнедеятельность человека. Особое внимание придается вопросам использования климатологических и метеорологических данных при строительстве и эксплуатации объектов, дорог, работе лесного хозяйства, транспорта. Важными являются также понятия комфортности климатических условий для жизнедеятельности человека, биоклиматических индексов.

**Глава 1. Предмет, метод и задачи прикладной климатологии**

***1.1. Предмет и состав прикладной климатологии***

Прикладная климатология – это применение климатических данных к оперативным задачам сельского хозяйства, техники, строительства, транспорта, авиации и пр. В состав понятия прикладной климатологии входят агроклиматология, авиационная климатология, биоклиматология, промышленная климатология, палеоклиматология, транспортная климатология и т. п.

**Прикладная климатология**

Сельскохозяйственная климатология

Строительная климатология

Авиационная климатология

Дорожная и транспортная климатология

Промышленная климатология

Биоклиматология

Экологическая климатология

Палеоклиматология

**Рис. 1.1. *Схема прикладной климатологии***

Одной из наиболее новых и важных частей прикладной климатологии является биоклиматология. В решениях организационной конференции Международного биометеорологического общества, состоявшейся в Париже в 1956 году, сущность биоклиматологии была определена как «…изучение прямых и косвенных взаимосвязей между геофизическими и геохимическими факторами атмосферной среды и живыми организмами – растениями, животными и человеком

В медицинской климатологии выделяются следующие разделы:

1) медицинская география, изучающая закономерности распространения болезни в различных географических зонах земного шара;

2) климатофизиология, изучающая влияние на организм комплекса различных климатопогодных факторов в различных географических условиях, а также изменений, наступающих при переезде из одного климатического района в другой (акклиматизация), изменений, связанных с влиянием сезонов и других биоритмов;

3) климатопатология, изучающая связь различных патологических реакций с климатопогодными факторами;

4) климатопрофилактика и климатотерапия – это использование метеорологических факторов для профилактики и лечения больных с различными заболеваниями.

***1.2. Основные задачи прикладной климатологии***

Основные задачи состоят в изучении атмосферных процессов за длительный период, обобщении результатов измерений параметров погоды во всех пунктах наблюдений с определением их средних и экстремальных величин и повторяемости сочетаний отдельных метеорологических и климатических элементов и в использовании полученных данных для решения народно-хозяйственных и социальных задач.

С развитием каждой отрасли человеческой деятельности возникает потребность в получении новых специальных показателей, т.е. требуется проведение соответствующих климатологических исследований. Поэтому постоянно возникают новые отрасли прикладной климатологии – агроклиматология, биоклиматология, медицинская, транспортная, строительная и другие.

В прикладных отраслях климатологии много внимания уделяется опасным метеорологическим явлениям. Характер изучаемых опасных и вредных явлений различен в зависимости от объектов, которые подвергаются воздействию климатом. Так, транспортную климатологию прежде всего интересуют метели, снежные заносы, ливни, гололёды, агроклиматологию – заморозки, засухи и т.д.

Однако цель исследования вредных явлений любой отрасли прикладной климатологии одна и та же: предусмотреть меры борьбы с опасными явлениями, разработать меры защиты при планировании, учесть их наличие в процессе проектирования. В задачу прикладной климатологии входит не только обработка метеорологических наблюдений и климатических данных, их анализ и обобщения, но и разработка рекомендаций по их использованию в практике.

При разработке климатологических показателей учитывается климатическое воздействие на объекты. В целом при климатических исследованиях прикладного характера учитываются следующие виды воздействия климатических факторов: тепловые и механические (в виде нагрузок); химические (коррозия металла и железобетона); электрохимические; микробиологические (для оценки коррозии и старения материалов).

При этом применяются следующие методы исследований: лабораторные, натурные и экспедиционные; климатические и микроклиматические; моделирование, теоретические и физико-статистические; картографические.

При климатических исследованиях прикладного характера применяются следующие методы обобщения: описание, картирование, районирование, составление обзоров отдельных явлений; номографирование; составление справочников и справочных пособий; составление специальных классификаций климатов и климатических районирований (по строительству, технике, комфортности, сельскохозяйственному строительству, и т. д.); составление рекомендаций; формулировка соответствующих нормативов в СНиП и государственных стандартах (ГОСТ).

Главный способ внедрения полученных результатов исследований прикладного характера – включение их в СНиП и ГОСТ.

***1.3. Связь прикладной климатологии с другими науками***

Прикладная климатология тесно связана с другими науками географического цикла – общей климатологией, метеорологией, физической географией и ее отраслями, а также с палеографией; с науками экологического цикла – в частности, с общей экологией и экологией человека; с науками медицинского цикла – например, с курортологией.

**Прикладная климатология**

Физическая география

Метеорология

Общая климатология

Экономика природопользования

Общая экология

Курортология

Экология человека

Палеогеография

**Рис. 1.2. *Связи с другими науками***

**Глава 2. История прикладной климатологии**

На раннем этапе развития прикладной климатологии ее задача ограничивалась обработкой накопленных рядов наблюдений, изучением и описанием климатов Земли.

В дальнейшем климатические данные потребовались для решения различных практических задач в народном хозяйстве, что обусловило дальнейшее развитие прикладной климатологии.

Ученые уделяли особое внимание практической направленности исследований. В работах основоположника русской климатологии А.И. Воейкова были заложены основы двух отраслей прикладной климатологии – агроклиматологии и медицинской климатологии. Затем начали развиваться и другие направления прикладной климатологии.

В связи с развитием авиации в 30-е годы XX века возникла потребность в климатических характеристиках, интересующих авиаторов. Однако поначалу приходилось пользоваться общими климатическими справочниками, описаниями, статьями.

В 30-х гг. В.А. Шталем, М.В. Беляковым, А.А. Кулаковым и другими специалистами метеослужбы были сделаны разработки основ авиационной климатологии, попытки разработать наиболее подходящий для авиации шаблон климатического описания аэродрома, маршрута полетов, района базирования.

Во время Великой Отечественной войны специалисты метеослужбы обеспечивали авиацию авиационно-климатическими справками, что было насущно необходимо в условиях частого перебазирования авиационных соединений. В послевоенный период потребность в авиационно-климатических сведениях в связи с развитием гражданской авиации еще больше возросла. Вместе с тем видоизменились и усложнились требования к авиационно-климатическим описаниям и справкам. Наиболее важными климатическими характеристиками продолжали оставаться характеристики сложных условий посадки самолетов, ветра и опасных явлений погоды. Появление реактивных, а затем и сверхзвуковых самолетов привело к необходимости излучения струйных течений, режима ветра и температуры в нижней стратосфере в целях получения их климатических характеристик. Развитию авиационной климатологии способствовали исследования К.Г. Абрамович, Л.А. Гавриловой, С.С. Гайгерова, В.И. Воробьева, М.В. Завариной, З.М. Маховера и многих других советских ученых. В частности, Р.Я. Спасский разработал методы расчета ветровой загрузки взлетно-посадочной полосы.

Г.Ф. Молоканов впервые в СССР применил методы расчета эквивалентного ветра и целесообразность его использования при выполнении и планировании полетов. Г.Я. Наровлянский подробно изложил методику обработки наблюдений для получения всех необходимых авиационно-климатических характеристик и составления авиационно-климатических описаний применительно к современным методам и требованиям.

Расширение жилищного и промышленного строительства в существующих населенных пунктах и на вновь осваиваемых территориях, применение новых строительных материалов потребовали более тщательного учета климатических условий и разработки специальных показателей, которые входят в «Строительные нормы и правила» (СНиП). Это послужило стимулом для быстрого развития строительной климатологии.

Одним из первых документов по строительной климатологии были «Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений», изданные в 1930 г. В этом документе даны указания об учете отношения световой площади окон к площади пола в жилых зданиях (1/7 – 1/10 для южных районов и 1/6 – 1/8 для средних и северных районов). Тут же были даны нормы уклона крыш и нормы по снеговой нагрузке на крыши различных типов сооружений.

В 1934 году проведено климатическое районирование СССР, при этом выделены четыре района: северный, средний, южный и субтропический. Деление на районы проведено на основе данных по температуре воздуха за самый холодный и самый жаркий месяцы. Требования к ограждающим конструкциям жилищ ограничились толщиной стен. Введено понятие средних расчетных температур за отопительный период.

«Временные строительные правила для жилых, общественных, административных и коммунальных зданий» 1935 года дополнены предписанием по устройству сплошных галерей в жилых зданиях для южных и субтропических районов. Во «Временных нормах строительного проектирования жилых зданий» 1938 года вводятся ограничения на ориентацию жилых комнат. Впервые приводятся так называемые расчетные температуры для определения величины требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен по формуле Чаплина. В 1948 году в «Нормах проектирования жилых зданий» территория бывшего СССР разделена на пять районов.

В СНиПе по жилым зданиям 1958 года приводится первое районирование территории СССР по ветровым нагрузкам, а также данные по снеговым нагрузкам. Расчетная температура наружного воздуха определяется как и ранее – по формуле Чаплина (tp = 0,4tcx + 0,6 tam, где tcx – минимальная температура самого холодного месяца, а tam – абсолютный максимум температуры воздуха).

Важнейшей особенностью СНиПа 1958 года является введение научно-обоснованных санитарно-гигиенических требований к проектированию жилищ в различных климатических районах.

В 1962 году впервые издается СНиП II-А.6-62 «Строительная климатология и геофизика», где содержится обширный материал по климатическим факторам. Климатические факторы, которые могут привести к разрушению зданий и сооружений, вошли в отдельную главу СНиП II-А.11-62 «Нагрузки и воздействия». Многие климатические параметры включены в СНиПы по строительной теплотехнике, естественному освещению и др. Таким образом, в 60-е и 70-е годы ХХ-го века заложен фундамент строительных климатологических показателей.

Новый СНиП 2.01.01-82. «Строительная климатология и геофизика» был разработан в 1982 г. специалистами НИИСФ, ПНИИИС, НИИОСП им. Н. М. Герасимова Госстроя СССР, Дальневосточным Промстройниипроектом Минстроя СССР, МГУ им. М. В. Ломоносова, МИСИ им. В. В. Куйбышева Минвуза СССР и при участии ГГО им. А. И. Воейкова Госкомгидромета.

Следующие строительные нормы с новым названием СНиП 23-01.-99 «Строительная климатология» были введены в действие Госстроем России с 1 января 2000 г. Документ был разработан в НИИ строительной физики при участии ГГО им. А. И. Воейкова Госкомгидромета. В них участвовали Армгидромет, Госкомгидромет Республики Беларусь, Грузгидромет, Казгидромет, Кыргызгидромет, Госкомгидромет Украины, Узглавгидромет, Туркменгидромет, Главтаджикгидромет.

Организационное руководство осуществлялось Межгосударственным советом по гидрометеорологии (МСГ), Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС), Госстроем России и Росгидрометом.

По сравнению с предыдущими нормами в СНиП 23-01-99 дополнительно были включены специализированные климатические параметры: температура воздуха наиболее холодной пятидневки и суток, температура воздуха для расчета мощности систем вентиляции и кондиционирования, продолжительность и средняя температура воздуха отопительного периода, расчетная скорость ветра, солнечная радиация на вертикальные поверхности. В нем практически все расчетные температуры наружного воздуха определены за период 40-50 лет с учетом обеспеченности 92%. В связи с этим в нормах в небольшом количестве пунктов произошли изменения не более чем на 1 °С.

Сравнительный анализ климатических параметров показывает, что в различных редакциях СНиПа в большей степени изменялись значения температуры воздуха наиболее холодных пятидневок и суток. Это объяснялось тем, что в то время длительных 50-летних наблюдений на метеорологических станциях не было (за исключением небольшого числа, имеющих к тому времени около 30 лет наблюдений). В связи с этим первая редакция СНиП П-А. 6-62 большей частью содержала расчетные температуры, определенные практически для всех пунктов по этому методу.

На следующем этапе специалистами НИИСФ был разработан СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» в новой редакции, введенный в действие с 1 января 2003 г. В 2008 г. в развитие этого документа разработано «Справочное пособие» к нему, которое содержит дополнительные и вспомогательные материалы, относящиеся к строительной климатологии.

Вопросы транспортной климатологии развиты пока недостаточно. Особенно это касается автомобильного транспорта и оценки влияния климатических условий на перевозку грузов. Для наземного транспорта значительные трудности по эксплуатации дорог представляют снегозаносы. Они определяют необходимые мероприятия по снегозащите дорог. Теорией переноса снега занимались известные советские ученые (Н.Е. Жуковский, С.А. Чапрыгин, А.X. Хргиан и др.). Значительная часть теоретических и экспериментальных исследований, выполненных до начала 60-х гг. текущего столетия, обобщена в монографии A.К. Дюнина «Механика метелей», который своими работами внес существенный вклад в эту проблему.

Д.М. Мельником разработана методика расчета объема переносимого снега на основании метеорологических наблюдений. Вопросами отдельных территорий СССР по снегозаносимости дорог занимались Н.С. Муретов, Г. Д. Рихтер, И.Д. Копанев и другие.

Более детальное районирование всей территории СССР, выполненное по большому числу характеристик переноса снега, опубликовано В.М. Михелем, А.В. Рудневой и В.И. Липовской «Переносы снега при метелях и снегопады на территории СССР». Географическое распределение климатических характеристик снежного покрова выполнено В.И. Липовской.

Для повышения эффективности эксплуатации наземного транспорта в зимних условиях обычно применяются различные способы борьбы со снежными заносами. Вопросами защиты дорог от снегозаносов занимаются научные учреждения.

Зависимость эксплуатации морского транспорта от гидрометеорологических условий довольно широко используется учеными Центрального научно-исследовательского института морского флота и Союзморниипроекта. Климатическое районирование Атлантического, Индийского и Тихого океанов выполнено А.Г. Морозовой. В основу районирования положена пространственно-временная общность и закономерная последовательность атмосферных процессов, позволившая с учетом обобщенных сроков возможной встречи судов с опасными явлениями погоды (ветром, волнением) наметить на акватории трех океанов шесть районов штормовой деятельности. Карты вероятности обледенения судов в Северной части Атлантического океана построены B.И. Смирновым. Большое значение для дальнейшего развития вопросов учета климатологических данных для нужд морского транспорта имеет работа В. М. Шалаева «Гидрометеорологические условия и мореплавание».

Одной из отраслей прикладной климатологии является биоклиматология. Как известно, погода и климат оказывают большое влияние на здоровье, самочувствие, работоспособность и настроение человека.

Во второй половине XIX в. А.А. Лихачев в Военно-медицинской Академии впервые измерил калориметрическим путем количество тепла, отдаваемого телом человека в окружающий воздух. В этот же период начались систематические наблюдения с помощью пиргелиометра (прибор для измерений прямой солнечной радиации, падающей на поверхность перпендикулярную солнечным лучам) в целях оценки влияния солнечной радиации на людей, находящихся на курортах в Швейцарских Альпах. С этими наблюдениями связывают становление био- и медицинской климатологии и появление приборов – кататермометра (прибор, применяемый для определения небольших скоростей движения воздуха в гигиенических исследованиях) и фригориметра (прибор для определения величины охлаждения). Оба эти прибора применялись для измерения охлаждающего действия окружающего воздуха.

Одновременно изучались вопросы выработки энергии, освобождающейся в результате окислительных процессов в организме, представляющих основное свойство живых существ. Главной задачей таких исследований было определение интенсивности процесса выработки энергии в организме животных и людей в состоянии покоя при различных климатических условиях.

В 1923 г. исследователями Американского общества инженеров отопления и вентиляции было сформулировано понятие об эффективной температуре, выражающей количественную связь между атмосферными условиями и теплоощущением человека. В работах многих советских гигиенистов и климатологов – М.Е. Маршака, П.Г. Мезерницкого, В.А. Яковенко и других были сделаны попытки усовершенствовать метод эффективных температур путем учета солнечной радиации и одежды.

Разработке методов классификации погоды и оценки влияния ее на человека посвящены многочисленные исследования, выполненные Е.Е. Федоровым, Л.А. Чубуковым, Е.М. Ильичевой и другими.•

В 30–40 гг. наиболее ценные сведения были получены немецким биоклиматологом К. Бюттнером при изучении теплового обмена между телом человека и окружающей средой. Исследования проводились в лабораторных условиях путем измерений составляющих теплового баланса у испытуемых людей.

В годы второй мировой войны и в послевоенное время изучение реакции человека на климатические воздействия расширилось.

Выдающиеся исследования реакции человеческого организма в условиях жаркого и сухого климата выполнил А. Адольф в 1949 году, в условиях теплого и влажного климата – С. Робинзон в 1949 году, в условиях холодного климата – О. Эдхолм и А. Бартон в 1957 году. Армейскими научно-исследовательскими лабораториями были проведены биоклиматичеокие испытания в полевых условиях Аляски, Канады, Долине Смерти в Калифорнии. К исследованию проблемы теплозащитных свойств одежды в различных климатических условиях проявляют большой интерес службы снабжения армий США, Канады и других стран.

В 1961 г. на II конгрессе биометеорологов в Брюсселе были сформулированы основные положения биометеорологии и биоклиматологии как науки. В эти годы организовано международное биометеорологическое общество.

В 60–70 гг. в Советском Союзе широко проводились исследования оценки влияния климатических факторов на тепловое состояние человека в различных географических районах. Наиболее известные результаты получены в биоклиматических исследованиях, выполненных М.И. Будыко, Г.В. Циценко, Т.Н. Лиопо, Н.В. Гвасалией, Н.П. Поволоцкой и другими для равнинной и горной территории и Б.А. Айзенштат – для районов Средней Азии.

Одной из основных проблем медицинской климатологии является изучение влияния метеорологических факторов на возникновение и обострение заболеваний.

Научная концепция исследования основывается на трудах в области физической географии, экологии, климатологии, биометеорологии, биоклиматологии, экологической климатологии, медицинской географии П.Г. Мезерницкого, H.A. Ремизова, Л.А. Чубукова, А.И. Воейкова, Л.С. Берга, С.П. Хромова, Б.П. Алисова, М.И. Будыко, Ю.А. Израэля, К.Я. Кондратьева, Б.А. Айзенштата, Д. Ассмана, К. Бюттнера, В.Г. Бокши, Е.Г. Головиной, В.И. Русанова, Н.М. Воронина, H.H. Галахова; H.A. Даниловой, Н.П. Поволоцкой, Н.В. Кобышевой и других.

**Глава 3. Метеорологическое обеспечение экономики**

***3.1. Метеорологическая информационная сеть***

Состояние природной среды подвергается изменениям, которые вызывают социальные и экономические потери. Эти изменения учитываются в целях обеспечения безопасности населения и функционирования всех отраслей экономики.

Сбор метеорологической информации осуществляется посредством системы визуальных наблюдений и инструментальных измерений состояний и свойств атмосферы.

*Г*осударственная метеорологическая информационная сеть включает в себя систему наблюдений на стационарных пунктах (гидрометеорологических станциях, постах) и подвижных объектах (судах, самолетах, спутниках) за состоянием атмосферы; систему сбора и распространения данных наблюдений и обработанной информации; систему обработки полученной информации в целях анализа и прогноза погоды, разработки оповещений и предупреждений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях; систему доведения метеорологической информации до потребителя.

Сеть метеорологических станций, на которых осуществляются наблюдения, охватывает все регионы, правда, в разной степени. Доведение метеорологической информации до потребителей и анализ результатов ее использования – целевая задача современной службы погоды. Это относится не только к прогнозам погоды и предупреждениям об опасных метеорологических условиях для отраслей экономики и населения. Значительное место в метеорологической практике занимает разработка справочных и нормативных материалов, необходимых для планирования и проектирования, решения задач социальной сферы, решения проблем в области экологии, медицины и др.

Все это требует большого разнообразия метеорологической и гидрометеорологической информации в целом.

К основным физическим свойствам метеорологической среды относятся: атмосферное давление, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра. Сюда же включаются и такие комплексные характеристики свойства атмосферного воздуха, как плотность, эффективная и эквивалентная температура и др. Физическое состояние метеорологической среды выражают скорость и направление ветра, облачность, осадки, продолжительность солнечного сияния и др. Выделяют также такие явления погоды, как туман, грозы, метели, пыльные бури, обледенение и др.

Численные метеорологические характеристики, отражающие свойства и состояние атмосферы, относят к метеорологическим величинам.

Полная характеристика погоды дается на основании знаний метеорологических величин и явлений погоды. Однако фактически наблюденные и инструментальные значения метеорологических величин в пространственно-временном измерении являются дискретными, отнесенными к заданной точке (пункту) и моменту (или относительно малому отрезку) времени.

Комплекс метеорологических наблюдений у земной поверхности проводят метеорологические станции I, II, III разрядов. Полный объем наблюдений выполняется на метеорологических станциях I разряда. Они также осуществляют обеспечение организаций, предприятий и учреждений результатами метеорологических и агрометеорологических наблюдений, справочными и местными материалами по климату, прогнозами и предупреждениями об опасных условиях погоды, полученными из прогностических подразделений Гидрометслужбы. В труднодоступных районах устанавливаются автоматические радиометеорологические станции, как обслуживаемые, так и автономные.

В целях обеспечения авиации текущей и прогностической информацией метеорологические и аэрологические наблюдения осуществляются на авиационных метеорологических станциях (гражданской авиации) I–IV разрядов и авиаметеорологическими центрами.

На метеорологических станциях ведутся специальные агрометеорологические наблюдения за состоянием сельскохозяйственных культур на полях ближайших сельскохозяйственных производственных объединений и совхозов. В России метеорологические наблюдения ведутся на морских судовых и береговых (I и II разрядов), на буйковых станциях, в шельфовой зоне морей в некоторых пунктах – на морских сооружениях.

Особая роль в оценке свойств высоких слоев атмосферы отводится аэрологическим станциям, выполняющим наблюдения путем радиозондирования. Наряду с этим используется радиолокационный метод наблюдения за такими метеорологическими объектами, как облака, осадки, который позволяет обнаружить грозы, ливни, град и прогнозировать их.

Метеорологические станции охватывают всю территорию, но распределяются они крайне неравномерно. Более плотная сеть станций приходится на европейскую территорию. На азиатской территории и на территории, где ведутся военные действия, а также на территориях более слаборазвитых стран наблюдения ведутся на ограниченном числе станций.

Многие станции и посты концентрируются в промышленных районах, что связано со специализированным метеорологическим обеспечением строительства, энергетики, транспортных средств и др. Целесообразность размещения метеорологических станций определяется запросами народного хозяйства и научной необходимостью.

С 1966 г. в оперативную прогностическую работу была включены наблюдения, осуществляемые с помощью искусственных спутников Земли. Они регулярно передают на наземные станции изображения облачности, снежного и ледяного покрова, информацию о тепловом излучении земной поверхности и облаков.

Слежение за динамикой облаков в виде изменения их форм, размеров и конфигураций позволяет давать заключения об эволюции барического поля, главным образом циклонов – основных носителей резких изменений погодных условий. Информация, получаемая со спутников, стала базовой в спутниковой синоптике.

***3.2. Основные виды метеорологической информации***

Метеорологическая информация, получаемая непосредственно от сети метеорологических, аэрологических, радиолокационных и других специальных континентальных станций и источников наблюдения за состоянием атмосферы, представляет собой первичную метеорологическую информацию. Она должна отвечать следующим главным требованиям:

1) Использование унифицированных современных средств и способов наблюдения и передачи;

2) Получение таких данных метеорологических наблюдений, которые адекватно отражали бы состояние атмосферы и протекающие в ней физические процессы;

3) Передача информации унифицированным цифровым кодом, позволяющим дешифрировать метеорологические сводки с однородным содержанием.

В системе Гидрометслужбы наряду с метеорологической и гидрологической информацией получают и экологическую информацию.

Полная программа наблюдений за состоянием среды в России включает 27 видов гидрометеорологической информации и осуществляется в рамках Государственной гидрометеорологической службы: 1) метеорологическая; 2) авиаметеорологическая; 3) актинометрическая; 4) теплобалансовая; 5) аэрологическая; 6) радиометеорологическая; 7) агрометеорологическая; 8) озонометрическая; 9) атмосферного электричества; 10) геомагнитная; 11) ионосферная; 12) испарений (почва, снег, вода); 13) гидрологическая; 14) озерная; 15) воднобалансовая; 16) болотная; 17) снеголавинная; 18) селестоковая; 19) морская прибрежная; 20) морская экспедиционная; 21) морская судовая; 22) химического состава осадков; 23) радиометрического загрязнения; 24) загрязнения атмосферного воздуха; 25) загрязнения поверхностных вод суши; 26) загрязнения морских вод; 27) загрязнения почвы.

Метеорологическая информационная продукция включает в основном девять первых видов информации. Кроме того, метеорологические наблюдения проводятся на всех других станциях (гидрологических, озерных, морских и т.п.).

Первичная метеорологическая информация может быть регулярной – систематические наблюдения за состоянием погоды, и нерегулярной – наблюдения по специальному назначению (штормовые оповещения, метеорологические наблюдения по запросам, по специальным эпизодическим программам и т.д.). Первичная метеорологическая информация является основой для разработки метеорологических и других видов прогнозов, а также для расчета климатических характеристик по заданному пункту, району, региону. Это вторичная метеорологическая информация. Особое значение при этом имеет ценность используемой информации.

Ценность метеорологической информации включает в себя ряд таких понятий, как значимость (влияние на качество решений), употребимость (частота использования), своевременность (возможность старения информации), достоверность (степень определенности результатов), полезность (экономическая доля в решении производственной задачи).

Потребители в наибольшей степени заинтересованы в получении данных о фактических и прогностических условиях погоды, включая специализированные прогнозы, что в итоге составляет 83,3 % информации. Вторичная информация позволяет сделать заключение о метеорологическом режиме, о многолетних особенностях изменения тех или иных метеорологических величин, о текущих и будущих изменениях атмосферных процессов.

Выделяют два класса метеорологической информации, используемой в народном хозяйстве. Первый класс метеорологической информации предназначен для специализированного метеорологического обеспечения отраслей экономики, отдельных видов производственных работ. К первому классу относится климатологическая информация, имеющая нормативное содержание: средние, экстремальные, вероятностные и другие статистические характеристики метеорологических величин и явлений погоды. В первый класс включаются и прогнозы погоды, а также предупреждения об опасных и неблагоприятных явлениях. Ко второму классу относится метеорологическая информация консультативного назначения.

Исходная информация ежедневно поступают в областные метеоцентры, в которых проводятся разработки прогнозов различных видов и назначений, а в конечном счете – в центральный офис Гидрометслужбы, а затем в региональный метеорологический центр, расположенный в городе Обнинске Калужской области РФ (ВНИИГМИ–МЦД). Эта же информация включается в международный обмен со странами дальнего зарубежья, что является непременным условием более полного анализа макросиноптических процессов на обширных территориях в целях успешного прогнозирования погоды.

***3.3. Прогностическая информация***

Разработкой прогнозов занимаются практически во всех областях человеческой деятельности. В зависимости от объекта изучения различают научно-технические, естествоведческие и обществоведческие прогнозы. Особое место занимают метеорологические прогнозы, которые относятся к естествоведческим. Метеорологические прогнозы содержат в сжатой форме информацию о будущем состоянии погоды, необходимую для принятия решения производственных задач на основании оптимального учета ожидаемых метеорологических условий.

В качестве инструментария прогнозирования будущего состояния погоды используется моделирование атмосферных процессов на базе синоптического анализа и уравнений термогидродинамики атмосферы. Применение совокупности методов и способов прогнозирования позволяет вести разработку прогноза погоды в целом. Оперативные прогнозы содержат информацию о ожидаемых значениях метеорологических величин и явлений погоды.

В хозяйственной практике многих потребителей интересуют лишь отдельные составляющие погоды: скорость и направление ветра, температура воздуха, отдельные явления погоды. В зависимости от специфики производственных операций возникает необходимость знания будущего состояния определенного комплекса метеорологических величин. Например, прогноз скорости ветра, температуры воздуха и количества осадков для работы морских портов, ЛЭП, открытых горных работ и т. п.

Прогностическая информация занимает ведущее место в ценности всех видов метеорологической информации. Ценность метеорологических прогнозов превышает 70 %, как показано в таблице 3.1.

Метеорологические прогнозы выступают в хозяйственной практике как природно-информационный ресурс, обеспечивающий оптимальные действия потребителя. Это позволяет минимизировать его издержки в случаях неблагоприятных воздействий погоды и максимизировать выгоды за счет благоприятных метеорологических условий.

Таблица 3.1 – Ценность видов метеорологической информации

|  |  |
| --- | --- |
| Вид информации | Ценность, % |
| Фактические данные о состоянии погоды в реальном масштабе времени | 18,4 |
| Данные об опасных явлениях погоды | 11,8 |
| Результаты анализа фактического состояния погоды | 17,5 |
| Краткосрочные прогнозы погоды | 15,4 |
| Долгосрочные прогнозы погоды | 6,6 |
| Прогнозы специального назначения | 13,6 |
| Результаты предвычислений параметров среды на ЭВМ | 5,7 |
| Статистико-климатологические описания, справки и режимные пособия | 11,0 |
| Итого | 100,0 |

Современные метеорологические прогнозы разрабатываются на основании двух научных подходов: статистического и гидродинамического.

В синоптической практике разработка прогнозов погоды выполняется с использованием численного прогноза метеорологических полей: давления воздуха у земной поверхности, геопотенциальных высот, направление и скорость ветра, температуры воздуха в нижней части тропосферы. Непосредственная разработка ожидаемых условий погоды базируется на синоптическом методе, включающем анализ и прогноз перемещения воздушных масс, атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов и их эволюцию.

Прогнозы погоды различают по охвату территории: прогнозы по пункту – ожидаемая погода в конкретном пункте в пределах района обслуживания; *п*рогнозы по району – ожидаемая погода во всем районе в виде прогнозов по отдельным частям его; прогнозы по маршруту – ожидаемая погода по пути следования транспортного средства на известном стандартном или заданном участке.

В зависимости от периода действия прогнозы погоды определяют следующим образом: сверх краткосрочный прогноз – от десятков минут до нескольких часов; краткосрочный прогноз – от полусуток до 48 часов; среднесрочный прогноз – на 3–10 суток; долгосрочный прогноз – на месяц, сезон; сверхдолгосрочный прогноз – на год или несколько лет.

В зависимости от периода действия прогноза частота их составления различна. Сверхкраткосрочные прогнозы, разрабатываемые для авиации, составляются наиболее часто. Для крупного авиаметеорологического центра число таких прогнозов исчисляется десятками в течение суток. Краткосрочные прогнозы разрабатываются в гидрометцентре и в других прогностических подразделениях один раз в сутки с двумя 12-часовыми интервалами (ночь–день) или несколько раз, если период действия прогноза определяется интервалом 3–12 часов.

В зависимости от интенсивности и опасности ожидаемого гидрометеорологического явления экстренно разрабатывается штормовое предупреждение. К таким явлениям могут относиться сильный ветер, в том числе шквалы, смерчи, очень сильные осадки, крупный град, сильная метель, сильная песчаная или пыльная буря, очень сильные гололедные отложения, очень сильный продолжительный туман, сильное загрязнение атмосферы (смог) и другие.

При угрозе возникновения опасных явлений штормовое предупреждение передается незамедлительно всем заинтересованным потребителям.

По назначению метеорологические прогнозы разделяются на два основных вида: общие прогнозы погоды, или прогнозы общего назначения, передаваемые для населения по радио, телевидению, помещаемые в газетах, и специализированные прогнозы, которые разрабатываются в прогностических подразделениях Гидрометслужбы и предназначены для использования в отдельных отраслях народного хозяйства.

Специализированные прогнозы по степени утверждения достоверности могут быть категорическими и вероятностными.

Категорическими прогнозами называются такие, в которых указывается только градация прогнозируемой метеорологической величины или фаза явления погоды.

По форме такие прогнозы содержат категорическое утверждение, которое в действительности не имеет 100%-ной обеспеченности. Поэтому категорическим прогнозам приписывается иногда более жесткая терминология. Такие прогнозы не идеальны, но достаточно надежны.

Вероятностными прогнозами называются такие, в которых значению метеорологической величины приписывается ожидаемая их достоверность, выраженная в вероятностной форме.

Вероятностная форма прогноза является наиболее совершенной и приемлемой в целях оптимального использования прогностической информации в хозяйственной практике.

*Специализированные прогнозы* представляют собой основное содержание повседневной работы службы погоды. Время их составления и передачи регламентируются соответствующими соглашениями, которые устанавливаются между прогностическими подразделениями и потребителями прогнозов погоды. Однако прогнозы опасных и особо опасных условий должны передаваться для населения и народнохозяйственных организаций незамедлительно.

Различается содержание прогноза по характеристике тех метеорологических элементов и явлений погоды, которыми интересуется данная отрасль. Так, в авиационных прогнозах в первую очередь обращается внимание на облачность, дальность видимости, туман, грозы; в морских прогнозах – на направление и скорость ветра, волнение на море; в сельскохозяйственных прогнозах – на количество осадков, увлажнение почвы, заморозки и т. д.

В некоторых прогностических подразделениях особое внимание уделяется прогнозам таких гидрометеорологических условий, которые вызывают опасные воздействия на производственный или природный объект. Это прогнозы обледенения морских и воздушных судов, горимости леса, лавиноопасности, селевых потоков, снегозаносов, цунами, наводнения в устьях рек, медико-метеорологических условий, загрязнения воздуха, температуры рельсов (для железнодорожного транспорта).

Специализированные прогнозы могут быть постоянными, сезонными и временными (в течение нескольких дней, недель), разрабатываемыми для выполнения отдельных срочных и важных хозяйственных мероприятий. Кроме того, могут быть разовые специализированные прогнозы по заявкам.

К специализированным прогнозам относятся и штормовые предупреждения, и предупреждения об опасных явлениях, составляемые в связи с угрозой возникновения особо опасных явлений и условий погоды. К этим прогнозам потребитель относится с повышенной требовательностью и придает им особое экономическое значение.

К специализированным прогнозам предъявляются следующие требования.

1) Прогнозы должны передаваться потребителю с достаточной для него заблаговременностью. Заблаговременность прогноза – это промежуток времени от момента передачи прогноза потребителю до начала осуществления прогнозируемого явления.

2) Прогнозы должны иметь устойчиво высокую успешность, т. е. высокую степень соответствия прогнозируемой погоды фактической.

3) Выдаваемый потребителю текст (содержание) прогноза должен обладать таким свойством, при котором прогнозист не имеет возможности заранее оказывать влияние на успешность прогноза. От этого недостатка свободны прогнозы, сформулированные в вероятностной форме.

4) Потребителю необходимы такие утверждения в осуществлении погоды, которые позволяли бы наиболее оптимально их использовать производстве.

Наряду с этим допускается возможность использования инерционного прогноза погоды. *Инерционные прогнозы* – это прогнозы, в которых в качестве ожидаемого состояния погоды используется исходное. Прогнозирование осуществляется по тривиальному правилу: то, что есть сейчас, сохранится на весь последующий период (12, 24, 36 ч и т. п.). В прогностических целях используется свойство инерции атмосферных процессов. Любое исходное состояние погоды можно рассматривать как прогностическое. Это главным образом относится к метеорологическим величинам.

При циклонических процессах, для которых характерна быстрая смена воздушных масс с прохождением атмосферных фронтов, успешность инерционных прогнозов заметно уступает успешности методических прогнозов. В случае антициклонических и достаточно устойчивых во времени синоптических процессов инерционный прогноз может оказаться успешным.

*Климатологические прогнозы* – это прогнозы, содержащие климатическую информацию в виде средних многолетних значений метеорологической величины, вероятностей осуществления ее заданных градаций или вероятностей явлений погоды. Здесь также не требуется специальная подготовительная работа синоптика. Климатологические прогнозы содержат одну и ту же формулировку. Такого рода информация содержится в справочниках, является доступной и постоянно известной как в повседневной синоптической, так и в хозяйственной практике. Климатологические прогнозы используются обычно при перспективном планировании.

***3.4. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства***

Для обеспечения успешного решения производственных задач необходимо прежде всего полное взаимодействие потребителя и поставщика информационной продукции.

Потребитель – конкретная отрасль хозяйства, вид производства или отдельных работ – в соответствии со спецификой постоянной деятельности устанавливает перечень необходимой для него метеорологической информации. Выбор необходимой потребителю информации зависит от той целевой задачи, которую он решает в производственных условиях. Различия здесь состоят в том, что потребитель может решать следующие задачи.

1) Ежедневные оперативные работы, выполняемые на открытом воздухе, ориентированные примерно на суточную (или меньше) периодичность принимаемых хозяйственных решений.

2) Оперативные производственные работы, выполнение которых ориентировано на несколько дней, недель или даже на несколько месяцев.

3) Разработка технических и технологических проектов, требующих разового стандартного учета метеорологических данных или иных метеорологических сведений.

4) Планирование и проектирование строительных объектов социального и производственного назначения, промышленных комплексов, морских портов, автотрасс, трубопроводов, воздушных трасс, планирование и застройка новых населенных пунктов.

Вся информация о состоянии метеорологической среды, поступающая к потребителям, составляет основу метеорологического обеспечения как постоянного и обязательного процесса функционирования экономики и социальной сферы.

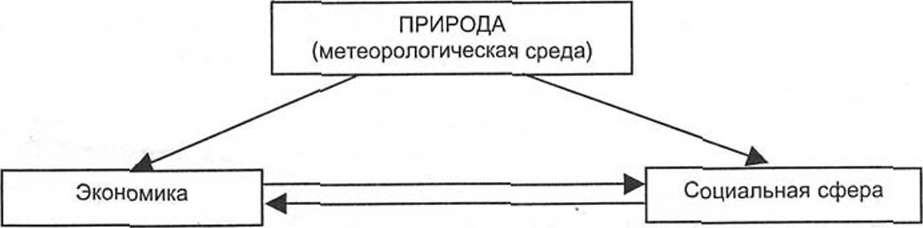
Метеорологическое обеспечение – это многоуровенная научно-производственная форма деятельности Гидрометслужбы.

Наибольшую ценность имеют метеорологические прогнозы. Все прогностические подразделения, разрабатывающие прогнозы различной продолжительности, осуществляют метеорологическое обеспечение по общей схеме типа „кому, что, сколько, куда и зачем".

Содержание гидрометеорологического обеспечения народнохозяйственной организации оформляется в виде перечня задач, выполняемых оперативным прогностическим подразделением по запросу потребителя и согласованию с ним. Гидрометеорологическое обеспечение включает метеорологическое, гидрологическое и агрометеорологическое обеспечение.

***3.5. Положения специализированного метеорологического обеспечения***

*Потребители метеорологической информации.* Использование метеорологической информации осуществляется в комплексной системе погода–прогноз–потребитель. В этой системе фиксируется постоянно меняющееся состояние погодных условий, возможности их прогнозирования на различные отрезки времени и, главное, использование получаемых при этом всех видов метеорологической информации в интересах экономики, социальной сферы и решения задач специального назначения (рисунок 3.1).



**Рис. 3.1. *Схема взаимосвязи природа–общество***

Метеоролого-экономическая система природа–прогноз–потребитель имеет следующие свойства: целостность – единство взаимосвязанных процессов, установившихся между подсистемами „погода", „прогноз" и „потребитель"; открытость – доступность информации в подсистемах; неоднородность решаемых задач; регулируемость информации отдельных подсистем, отвечающая повышению синхронизации функционирования всей системы; объективная необходимость участия человека на всех этапах функционирования системы: получение информации, принятие решений и целесообразные действия; устойчивость – динамичное развитие подсистемы „потребитель" за счет полного учета состояний среды.

Потребитель генерирует основные установки и требования к метеорологической информации. Служба погоды осуществляет исполнение такого рода общественного заказа.

Потребители метеорологической информации различаются не только по производственной специфике. Предприятия одной и той же отрасли находятся в различных региональных условиях. Это существенно сказывается на различиях погодных условий, которые оказывают влияние на работу предприятий.

С учетом характера воздействия погодных условий на проводимые хозяйственные мероприятия различают стационарных и нестационарных (подвижных) потребителей. Стационарные потребители (производственные объекты) могут быть локальными, обширными (масштабными) и протяженными.

Существует ряд специфических видов деятельности, где прогностическая информация является базовым условием выполнения текущих работ. Так, с учетом ожидаемой погоды проводятся природоохранные мероприятия в лесном хозяйстве: проведение лесопосадок, мероприятия в заповедных зонах, химическая обработка лесных насаждений, защита лесов от пожаров. Текущая и прогностическая информация широко используется в горнодобывающей промышленности при добыче полезных ископаемых в открытых условиях. Первостепенное значение приобретают прогнозы при проведении разведывательных работ.

***3.6. Специализированное метеорологическое обеспечение***

Метеорологическая информация и в первую очередь прогнозы погоды имеют широкий спектр приложения в хозяйственной практике, в социальной сфере и в других областях деятельности человека. При этом выделяют информацию общего назначения и специализированную, которая выдается потребителю в необходимом для него виде.

Информация общего назначения – информация о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении, полученная и обработанная в порядке, установленном специально уполномоченным органом исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, предоставляемая пользователям (потребителям) бесплатно; специализированная информация – информация, которая предоставляется по заказу пользователя (потребителя) и за счет его средств.

Метеорологическое обеспечение осуществляется в системе Гидрометцентра. Специализированное метеорологическое обеспечение *ориентировано на конкретного потребителя*, т. е. носит индивидуальный, избирательный и адресный характер.

Степень зависимости потребителей от условий погоды и климата определяет их спрос на определенный вид метеорологической информации. Метеорологическая информация рассматривается как метеорологические ресурсы и используется в различных отраслях экономики. Наибольший объем спроса в отдельных отраслях приходится на текущую и прогностическую информацию.

Метеорологическое обеспечение общего назначения предусматривает составление предупреждений о стихийных гидрометеорологических явлениях, об экстремально высоком уровне загрязнения, разработку прогнозов погоды до трех суток, а также распространение информации о фактической погоде.

Метеорологическое обеспечение общего назначения выполняется за счет бюджетного финансирования. При этом информация передается потребителю безвозмездно. Она является базовой, на ее основе разрабатываются частные виды информации для потребителей.

Центральная задача метеорологического обеспечения общего назначения сводится к обеспечению безопасности населения, особенно в крупных городах, приморских и курортных зонах.

Специализированное метеорологическое обеспечение осуществляется по запросу потребителей и содержит ту метеорологическую информацию, которая необходима для выполнения конкретной производственной работы. Это специализированные прогнозы погоды, специализированные климатические показатели и др.

В зависимости от потребностей различают следующие виды специализированного метеорологического обеспечения: метеорологическое обеспечение прогнозами погоды производственной сферы; метеорологическое обеспечение транспортных операций на суше, водных объектах и в воздухе (железнодорожный, автомобильный, воздушный транспорт); метеорологическое обеспечение запросов Министерства по чрезвычайным ситуациям; метеорологическое обеспечение сухопутных войск и военно-воздушных сил; метеорологическое обеспечение туризма, исследовательских и поисковых работ.

Важную роль в специализированном метеорологическом обеспечении играет климатическая информация при планировании и управлении различными отраслями экономики. Здесь выделяется пять главных направлений.

1) Перспективное планирование, предусматривающее: размещение различных хозяйственных и социальных объектов; землепользование и размещение сельскохозяйственных культур; разработку оптимальной стратегии проведения различных масштабных хозяйственных мероприятий.

2) Проектирование и строительство гражданских, промышленных, сельскохозяйственных, транспортных и других сооружений.

3) Обеспечение безопасности эксплуатации промышленных, транспортных средств и других объектов.

4) Конструирование машин, механизмов и иных видов промышленной продукции.

5) Рациональное (оптимальное) использование природных ресурсов.

Отсюда следует, что специализированным метеорологическим обеспечением называется передача потребителю такой метеорологической информации, которая отвечает его специфической хозяйственной деятельности, условиям рыночных отношений и целевым задачам.

*Взаимодействие между поставщиком и потребителем.* Принципы оперативного взаимодействия сводятся к следующим:

1) Предоставление потребителю метеорологической информации в полном соответствии содержанию Договора о специализированном метеорологическом обеспечении.

2) Предоставление поставщику полной информации о результативности (экономической полезности) использования метеорологической информации (фактической, прогностической, климатической) в данной области производства. Оценка экономического эффекта и экономической эффективности данного вида метеорологической информации устанавливается по совместному соглашению на основании методов, существующих в экономической метеорологии.

3) Установление цен данного вида метеорологической информации по полной стоимости с учетом ее экономической полезности.

4) Возмещение потребителю затрат, понесенных им при определенном уровне неоправдавшихся прогнозов.

5) Периодическое уточнение договорных основ специализированного метеорологического обеспечения.

*Требования, предъявляемые к специализированному метеорологическому обеспечению.* К специализированному метеорологическому обеспечению потребители предъявляют следующие требования:

1) По форме и содержанию запрашиваемой метеорологической информации.

2) По полноте и достоверности климатической информации.

3) По точности и успешности метеорологических прогнозов (условий погоды, опасных и стихийных гидрометеорологических явлений).

4) По оперативности экстренных сообщений, предупреждений об особо опасных условиях погоды.

5) По необходимости разработки новых технологий специализированного метеорологического обеспечения.

6) По контролю качества специализированного метеорологического обеспечения и достижения его экономической полезности.

7) По ответственности поставщика метеорологической информации (и продукции) за возможный экономический ущерб, понесенный потребителем при допущенных ошибках в специализированном метеорологическом обеспечении.

Важным условием достижения результатов предъявляемых требований является необходимость того, чтобы потребитель знал, что он требует, а поставщик метеорологической информации был хорошо осведомлен в специфике деятельности потребителя. Отсюда очевидно, что специализированное метеообеспечение должно быть отраслевым.

***3.7. Краткие сведения о службе погоды***

Служба погоды на территории Российской империи существует с 1872 года, когда вышел в свет первый номер Ежедневного метеорологического бюллетеня. Бюллетень к изданию был подготовлен в Главной геофизической обсерватории в Петербурге.

21 июня 1921 г. был подписан декрет Совета Народных Комиссаров «Об организации единой метеорологической службы в РСФСР». В 1929 г. в Москве было организовано Центральное бюро погоды. В феврале 1936 г. оно было преобразовано в Центральный институт погоды, а в 1943 г. – в Центральный институт прогнозов СССР. В 1965 г. был создан Гидрометеорологический научно-исследовательский центр (Гидрометеоцентр СССР). Он выполнял функции Центрального института прогнозов, Мирового и регионального метеорологических центров. Такие же функции сейчас выполняют национальные гидрометеорологические центры.

На территории Беларуси наблюдения были организованы с 1808 г., в Витебске с 1810 г., в Бресте с  1834 г., в Бобруйске с 1836 г., в  Свислочи  с 1836 г., в  Гродно с 1837 г., в Горках c 1841 г и  в Минске с 1846 г.  Наблюдения на этих станциях постоянными не были, они временами прерывались и возобновлялись. Наконец, согласно приказу Народного Комиссариата земледелия БССР №80 от 22 мая 1924 года в Беларуси было создано метеорологическое бюро – первый центральный орган будущей Гидрометеослужбы Республики Беларусь, на основании чего 22 мая 1924 года считается датой образования Гидрометеорологической службы Беларуси.

**Глава 4. Строительная климатология**

Этот раздел прикладной климатологии занимается в основном учетом климатологических данных для нужд строительства. Климатические факторы не являются главными для определения направления строительства, но их значение нельзя недооценивать, поскольку учет таких данных позволяет рационально вести строительство.

При планировании строительных объектов ориентируются на правильную оценку внешней среды, используя благоприятные природно-климатические факторы и предусматривая меры защиты от неблагоприятных. Основная задача – создать лучшие условия в здании.

В практике проектирования зданий и производства строительных работ используются климатические данные, определяющие микроклимат городов и населенных пунктов, влияющие на долговечность ограждающих конструкций, знаний и микроклимат помещений; создающие нагрузки на элементы сооружений; тормозящие организацию строительных работ посредством воздействия на человеческий организм, различные механизмы и строительные материалы.

Климатологическая информация, используемая в проектировании зданий и сооружений, регламентируется «Строительными нормами и правилами» (СНиП), которые состоят из четырех частей и 177 отдельно издаваемых глав. Указания по использованию климатологической информации помещены во второй части СНиПа, называемой «Нормы проектирования». В ней указываются климатические характеристики, используемые при проектировании, и показывается, как их надо использовать в расчетах. Значения климатических характеристик для разных районов, разных сезонов и месяцев содержатся в трех главах СНиПа. Глава «Строительная Климатология и геофизика» является полностью справочной и состоит из таблиц и карт климатических характеристик и пояснений к ним. Главы «Нагрузки и воздействия» и «Отоплений, вентиляция и кондиционирование воздуха» содержат как указания по использованию климатологической информации, так и саму информацию в виде таблиц и карт.

Число различных климатических показателей, используемых в строительном проектировании, сравнительно невелико. Примерно половина из них относятся к общему типу и должны содержаться в «Справочнике по климату»; другая часть вычисляется на основе данных наблюдений. Одни и те же климатические показатели могут входить в несколько глав СНиПа, посвященных разным областям проектирования.

Следует указать на ряд отрицательных моментов, связанных с использованием данных СНиПа. Это, прежде всего, недостаточная точность картосхем районирования по специальным характеристикам, что объясняется привлечением малого числа станций для их построения. Кроме того, для разных глав СНиПа могут использоваться разные расчетные показатели одной и той же метеорологической величины. Например, расчетные температуры воздуха могут определяться по температуре наиболее холодных пятидневок, суток и периода.

По сравнению с предыдущими нормами в СНиП 23-01-99 дополнительно были включены специализированные климатические параметры: температура воздуха наиболее холодной пятидневки и суток, температура воздуха для расчета мощности систем вентиляции и кондиционирования, продолжительность и средняя температура воздуха отопительного периода, расчетная скорость ветра, солнечная радиация на вертикальные поверхности. В нем практически все расчетные температуры наружного воздуха определены за период 40-50 лет с учетом обеспеченности 92%. В связи с этим в нормах в небольшом количестве пунктов произошли изменения не более чем на 1 °С.

***4.1. Учет влияния климатических условий при планировке зданий, сооружений и населенных пунктов***

Проект застройки города не составляется без климатической справки. В климатической справке должны содержаться следующие данные:

1) показатели общих характеристик климата, обусловленные макропроцессами в атмосфере (радиация, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра и т. д.);

2) нормативные показатели специальных характеристик климата, необходимые для определения оптимального размещения и проектирования различных объектов;

3) показатели микроклиматических условий отдельных районов застройки;

4) оценка возможного влияния города и отдельных его частей на климат данной местности;

5) рекомендации к планировке города с учетом особенностей местного климата.

Учет климатических условий в градостроительстве должен начинаться с выбора мест населенного пункта, с наиболее целесообразного размещения жилых и промышленных зданий, площадей, скверов, определения типов и видов застройки, ширины и ориентации улиц. При решении этих вопросов в первую очередь используются средние и экстремальные значения, повторяемости и показатели изменчивости метеорологических величин, оцениваются характеристики радиационного, ветрового и температурно-влажностного режима на застраиваемой территории.

При выборе мест для населенного пункта используются физико-географические и климатические характеристики района. Для изучения физико-географических описаний используются топографические карты в целях уточнения высоты места, гидрографии и заболачиваемости, почвенные карты, карты растительности. Климатические показатели позволяют оценить условия жизни человека в данном типе климата, выбрать типы и виды застройки, разработать защитные мероприятия.

Правильность размещения жилых и промышленных зданий диктуется необходимостью обеспечения в городах достаточной чистоты воздуха. Жилые кварталы должны располагаться по отношению к промышленным предприятиям с наветренной стороны. Тип и вид застройки также в значительной степени определяется климатическими условиями. Например, в районах с холодным климатом, а также в районах с сильными ветрами должны преобладать замкнутые застройки («веночный двор» в Белорусском Поозерье, сибирские подворья), использоваться искусственные методы ветрозащиты, создаваться утепленные переходы из дома в дом и т. д. Для областей с сухим жарким климатом типичен дом с фасадом без наружных окон, что защищает его от избытка солнечных лучей и от проникновения пыли (дома с патио на юге Испании и в Латинской Америке). Двери жилого помещения открываются на защищенный со всех сторон внутренний двор и перед ними обычно имеется крытая галерея.

В областях с влажным климатом главной задачей является обеспечение хорошего проветривания и надежной защиты от частых и сильных ливней. Правильный выбор ширины и ориентации улиц связан с обеспечением режима инсоляции зданий, естественной освещенности и количества необходимой для человеческого организма ультрафиолетовой радиации.

Оптимум количества солнечной радиации, поступающей в жилые кварталы и квартиры, и процент облучаемой площади в них регулируются ориентацией зданий, шириной улиц, расстоянием между зданиями, а затем уже планировкой отдельных элементов зданий (глубина помещений, размеры окон, балконов, карнизов, лоджий). Все эти нормы дифференцируются в зависимости от свето-климатических условий отдельных районов.

Выбор ширины и ориентации улиц, ориентации зданий определяется также и ветровым режимом района. С помощью градостроительных средств обеспечивается увеличение или уменьшение скорости ветра. Для защиты от сильных ветров рекомендуется применять застройку по периметру квартала, при которой скорость ветра снижается по сравнению с открытым местом на 60–80%.

В районах с жарким климатом особое значение приобретает озеленение улиц, создание парков и искусственных водоемов. Они же служат и средством оздоровления воздуха – уменьшают концентрацию вредных примесей в воздухе. Однако следует отметить, что искусственные водоемы увеличивают возможность размножения переносчиков некоторых инфекционных болезней.

Некоторые характеристики климата, используемые на стадии планирования населенных пунктов, могут браться из справочников по климату или рассчитываются на их основе. Освещенность оценивается по данным наблюдений за солнечной радиацией путем использования светового эквивалента солнечной радиации (таблица 4.1).

Световые эквиваленты для прямой (Ks) и суммарной (Kq) радиации берутся непосредственно из таблицы. Для рассеянной радиации он определяется как средневзвешенный из трех световых эквивалентов рассеянной радиации, выбираемых в зависимости от облачности: , где Кд,я, Кд,п/я и Кд,п – световые эквиваленты рассеянной радиации для ясного, полуясного и пасмурного состояния неба, ря, рп/я, рп –вероятности состояния неба в долях единицы (берутся из климатических справочников).

Таблица 4.1 – Световой эквивалент солнечной радиации К (клк/кал см2 мин)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние неба и подстилающей поверхности | | К | Высота Солнца (град) | | | | | | | |
| 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Ясно | | Кs | 41 | 46 | 50 | 55 | 58 | 64 | 65 | 65 |
| Kд | 66 | 72 | 77 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| KQ | 54 | 58 | 62 | 65 | 67 | 69 | 69 | 69 |
| 3–7, нижняя облачность | Без снега | Kд | 56 | 60 | 64 | 66 | 68 | 72 | 76 | 78 |
| KQ | 53 | 58 | 62 | 65 | 68 | 69 | 69 | 69 |
| Со снегом | Kд | 54 | 60 | 66 | 70 | 72 | 77 |  |  |
| KQ | 51 | 54 | 57 | 59 | 60 | 60 |  |  |
| 3–7, общая облачность | Без снега | Kд | 53 | 58 | 63 | 68 | 72 | 77 | 79 | 79 |
| KQ | 50 | 55 | 60 | 65 | 68 | 68 | 69 | 69 |
| Со снегом | Kд | 60 | 68 | 74 | 78 | 80 | 82 |  |  |
| KQ | 52 | 58 | 60 | 61 | 62 | 62 |  |  |
| 10/10 | Без снега | KQ | 42 | 48 | 52 | 55 | 58 | 60 | 61 | 61 |
| Со снегом | KQ | 56 | 59 | 62 | 62 | 63 | 64 |  |  |

В те месяцы, когда наблюдается установление или исчезновение устойчивого снежного покрова, взвешенный эквивалент необходимо вычислять по формуле: ****, где Кд – световой эквивалент для периода без снега, Кд,сн – световой эквивалент для периода со снегом, N – число дней в месяце,   
n – число дней без снежного покрова, nсн –число дней со снежным покровом.

На тех станциях, где измеряется только суммарная солнечная радиация, пересчет можно проводить по световому эквиваленту суммарной радиации (Kq). Различия в расчетах не будут превышать 4–5%.

В период планирования наряду с общими характеристиками климата используются и специальные. К ним относятся показатели, позволяющие рассчитать метеорологические нагрузки (температурные, ветровые, снеговые, гололедные), определить возможный нагрев, охлаждение или увлажнение ограждающих конструкций знаний в зависимости от их ориентации.

В условиях неоднородного ландшафта и изрезанного рельефа местности, на которой предполагается строительство населенного пункта, необходимо учитывать микроклиматические особенности.

Для получения микроклиматических показателей проводятся микроклиматические исследования, увязываемые с климатическими показателями местности. Микроклиматические исследования позволяют оценить влияние высоты места над уровнем моря, близости водоема, реки, гор, ориентации и крутизны склона, типа и ориентации долины и так далее на изменение метеорологических величин.

Например, в зависимости от рельефа местности может значительно различаться температура воздуха. На выпуклых формах рельефа средняя минимальная температура воздуха на 3–6° выше, а в пониженных на 3–12° ниже, чем на ровных участках местности. Близость водоемов оказывает существенное влияние на температурный режим. Например, существует линейная зависимость между абсолютным минимумом температуры воздуха и расстоянием от берега, выражаемая уравнением: ****, где s – расстояние от берега, К – коэффициент, характеризующий влияние местных физико-географических условий на изменение абсолютной температуры. Уравнение может использоваться при вычислении температурного режима на расстоянии не более 10 километров.

Необходимо учитывать не только различие температурных условий в зависимости от местоположения, но также и от времени суток и условий погоды. Установлено, что средние июльские температуры воздуха для различных форм холмистого рельефа отличаются от температур равнинных станций днем на 1°, а ночью – на 4–5°.

Изменение характера подстилающей поверхности особенно сильно сказывается на изменении ветрового режима. Установлено, что на вершинах открытых возвышенностей скорость ветра возрастает по сравнению со скоростью ветра на открытых местах на 10–80% в зависимости от времени суток и скорости ветра. В нижней части склонов и в непродуваемых долинах скорость ветра на 10–40% меньше, чем на открытом месте. На побережьях водоемов также отмечается усиление скоростей ветра.

При планировании населенных пунктов необходимо учитывать и возможности изменения ветрового режима под влиянием возникновения местных ветров. В горных районах могут возникать горно-долинная циркуляция и фёны. На берегах больших водоемов наблюдаются бризы, а если вблизи берегов имеются возвышенности, то при определенных условиях образуется бора.

Для оценки микроклиматических особенностей строятся крупномасштабные карты, на которых условной штриховкой обозначаются основные формы рельефа. Одна из карт может характеризовать ориентировку склонов, другая – углы наклона местности (крутизну склонов), третья – относительное превышение высот и т. д.

При планировке города очень важно предусмотреть возможные изменения климатического режима под его воздействием. Застройка должна планироваться так, чтобы она способствовала улучшению микроклимата. Для достижения этой цели необходимо знать особенности городского климата и причины, их вызывающие.

Наиболее важным фактором, формирующим климат города, является загрязнение воздушной среды промышленными предприятиями, транспортом, отопительными системами, выбрасывающими в воздух большое количество примесей и пыли.

Температура воздуха в городах в среднем выше, чем в его окрестностях. Наибольшую повторяемость имеет разность температур воздуха в 1°, но в отдельных случаях она достигает 5° и более. Утепляющее влияние города наиболее сильно сказывается в ночные часы. В городе раньше приходит весна и позже наступает осень.

Влажность воздуха в городе понижена по сравнению с сельской местностью. Зимой понижение невелико (2–4%). Летом, особенно в вечерние часы, оно составляет 10–15% и более. Эти различия объясняются тем, что в черте города за счет асфальтированных дорог и зданий уменьшена поверхность испарения влаги.

Город оказывает существенное влияние на силу ветра. Городские строения тормозят движение воздушных масс, и ветер в городе по сравнению с ветром на открытой местности ослабевает.

Меняется и вертикальный профиль скорости ветра. Направление ветра в городе определяется направлением улиц. Если общий воздушный поток встречает препятствие, то он ослабевает, меняет направление движения, но порывистость в нем возрастает. В случае, когда воздушный поток оказывается направленным вдоль улицы, идущей с окраины города к центру, линии тока сгущаются, и скорость ветра возрастает. Она возрастает также в местах сужения улиц и на подветренных участках площадей.

Поскольку город прогревается сильнее окрестностей, то между городом и окрестностями возникают температурные контрасты, способствующие возникновению местных ветров. Нагревшийся в городе воздух начинает подниматься вверх, а на его место поступает воздух из окрестностей. Так возникает местная циркуляция.

Местная циркуляция меньшего масштаба может образоваться в городах летом вблизи водоемов, парков, на улицах, по-разному освещенных солнечными лучами. Это усиливает вентиляцию, создает более благоприятные гигиенические условия.

***4.2. Учет климатических условий при строительстве и эксплуатации жилищ и объектов***

Длительность и надежность эксплуатации здания определяется его способностью противостоять климатическим воздействиям. В соответствии с климатическими и физико-географическими условиями выбираются толщина стены, площадь окон, уклон крыш, материалы стен. С учетом этих условий планируется внутреннее устройство дома и предусматриваются инженерные средства защиты от неблагоприятных климатических воздействий.

*Температура воздуха.* Температурный режим оказывает наиболее существенное влияние на жилища. В зависимости от температурного режима выбирается тип здания и определяется сопротивление конструкций, планируются системы отопления и вентиляции. При оценке влияния термического режима па сооружения прежде всего используются такие климатические характеристики, как средние температуры воздуха, средние и абсолютные экстремальные температуры, повторяемости температуры по градациям, средняя продолжительность (в часах) температуры воздуха данной градации (через 1°С), средние и максимальные суточные амплитуды температуры.

Существенное влияние на состояние ограждающих конструкций зданий оказывает изменение температуры. Разрушение происходит интенсивнее при быстрой смене температур, а особенно при перепадах температуры с переходами через 0°С. Чем резче перепады зимних температур, тем больше это сказывается на наружной части ограждений. Поэтому при проектировании зданий необходимо учитывать не только периодические амплитуды колебаний температуры воздуха (суточные, месячные, годовые), но также перепады температур при оттепелях – их частоту, интенсивность, продолжительность.

В зависимости от скорости охлаждения здания при теплотехнических расчетах выбираются расчетные температуры воздуха, то есть температуры наружного воздуха, которые используются для оценки теплоотдачи зданий.

К расчетным температурам холодного периода года относится средняя температура отопительного периода, средняя температура самой холодной пятидневки, трехдневки, одних суток, зимняя вентиляционная температура.

Средняя температура отопительного периода и его продолжительность используются для расчета системы отопления и для определения норм топлива. За продолжительность отопительного периода принято число дней со средней суточной температурой ниже + 8 °С. Средняя температура воздуха за этот период является температурой отопительного периода.

Для массивных конструкций используется средняя температура самых холодных пятидневок, для средних конструкций – трехдневок, для легких конструкций – средняя температура самых холодных суток. Для длиннорядных станций расчетные температуры определяются как средние температуры из 16% самых низких значений, представленных в рядах наиболее холодных пятидневок, трехдневок и суток не менее чем за 50 лет. Для короткорядных станций используется зависимость между расчетными температурами и средней температурой воздуха самого холодного месяца.

Расчетная температура наиболее холодной пятидневки определяется по уравнению ****, самых холодных суток – по уравнению ****. В этих формулах Т и Т1 – постоянные эмпирические коэффициенты. Они определяются в зависимости от района расположения (таблице 4.2).

Таблица 4.2 – Значения Т и Т1 для различных районов (градусов Цельсия)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район Т | IБ | | IА | | I | | II | | III | | IV | |
| 20,6 | | 17,6 | | 14,6 | | 11,6 | | 8,6 | | 5,6 | |
| Район Т1 | I | II | | III | | IV | V | VI | | VII | | VIII |
| 24 | 21 | | 18 | | 15 | 12 | 9 | | 6 | | 3 |

По величине Т территория бывшего СССР разделена на шесть районов. К району IБ относятся небольшие территории между Енисейском и Красноярском, Печорой и Сыктывкаром. К району IA принадлежит почти вся северная часть ETC до широты 55° (исключая запад Карелии), южные и центральные районы Красноярского края, значительная часть Алтайского края, северное побережье Азовского моря, Корякский национальный округ. Район I включает в себя всю остальную часть ETC (в том числе всю территорию Беларуси), Западной Сибири, Казахстан (кроме западных районов), юг Туркмении, западное побережье Чукотки, северную часть Камчатки. К району II относятся территории Средней Азии и Казахстана, примыкающие к Каспийскому и Аральскому морям, Эвенкийского национального округа и Прибайкалья, центральные районы Камчатки. К району III принадлежит восточная часть Ненецкого национального округа. Забайкалье, Магаданская область, юг Камчатки, центральные и южные районы Сахалина. К району IV относятся Якутия, Амурская область и большая часть Приморского края.

По величине Т1 территория бывшего СССР разбита на восемь районов. К I району относится район Печоры. В район II входит север Европейской территории Союза (исключая запад Карелии и Кольский полуостров), северное и восточное побережья Азовского моря, юг Красноярского края и юго-восток Западносибирской низменности. Район III включает в себя большую часть Карелии, Центральные районы и юг Европейской территории Союза до широты 45° (в том числе территорию Беларуси), Западную Сибирь (кроме северных и южных районов), некоторые районы Средней Азии. К району IV относятся территория Казахстана и Средней Азии, часть Кольского полуострова, западное побережье Чукотки и север Камчатки и узкая полоса в Восточной Сибири. Районы V и VI также занимают узкие полосы в Восточной Сибири и на северо-востоке Азии. В район VII входит территория Восточной Сибири, заключенная между 115–130° восточной долготы, Магаданская область, Приморский край, юг Сахалина. Району VIII принадлежит Якутия и Амурская область.

Вентиляционная температура, используемая при проектировании вентиляции, определяется как средняя температура воздуха за наиболее холодный период, составляющий 15% от общей продолжительности отопительного периода. Более удобно определять вентиляционную температуру по уравнению ****, где Т2 – постоянная величина, tx – температура самого холодного месяца.

Значение Т2, так же как и Т и Т1 определено на основании длинных рядов наблюдений и по ним проведено схематическое районирование территории бывшего СССР. Значения постоянной величины Т2 приведено в таблице 4.3.

Таблица 4.3. – Значения постоянной величины Т2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Район | А | Б | В |
| Значение Т2 | –6,5 | –3,0 | 0,5 |

К району А относятся юг Средней Азии и южное побережье Крыма. Район Б включает всю Европейскую территорию СНГ (в том числе Беларусь), Западную Сибирь, Казахстан, Северные и центральные районы Средней Азии, Чукотку, Камчатку (исключая западное побережье). В район В входит большая часть Восточной Сибири, Приморский край и горные районы.

Расчетные температуры существенно зависят от местных физико-географических условий. При этом расчетные температуры в различных, условиях рельефа отличаются на 2–4°.

В настоящее время определены поправки к расчетным температурам в зависимости от рельефа местности (таблица 4.4).

К расчетным температурам теплого периода года относится средняя температура воздуха за наиболее жаркие сутки. Эта температура используется в тех районах, где средняя температура воздуха в 13 ч в летние месяцы выше 25°.

Среднюю температуру воздуха наиболее жарких суток определяют как среднее значение из температур воздуха за самые жаркие сутки за 8 лет из 50-летнего периода наблюдений.

Таблица 4.4 – Поправка к расчетным температурам в зависимости от рельефа местности (градусов Цельсия)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | Пара-метр | Форма рельефа | | | | |
| Вер-шина, верх-няя часть склона | Сере-дина склона | Широ-кая до-лина | Замкну-тая ло-щина, котло-вина | Раз-ность: верши- на– котло-вина |
| 1. Слабовсхолмленный рельеф Европейской территории бывшего СССР | t5, tx  tв | 2  2 | 1  1 | –2  –1–2 | –3–4  –2–3 | 5–6  4–5 |
| 2. Слабовсхолмленный рельеф Азиатской территории Союза и юго-востока Европейской территории Союза | t5, tx  tв | 3  2 | 1–2  1 | –2  –2 | –4  –3–4 | 6–7  5–6 |
| 3. Холмистый рельеф ETC и слабовыраженный рельеф АТС | t5, tx  tв | 4  3 | 2  1–2 | –2–3  –2–3 | –4–5  –4 | 7–9  6–7 |
| 4. Холмистый рельеф АТС, низко и среднегорный рельеф ETC | t5, tx  tв | 4–5  3–4 | 2–3  2 | –3  –3 | –5–6  –4–5 | 9–11  7–9 |
| 5. Низко и среднегорный рельеф АТС и горы Кавказа | t5, tx  tв | 5  4–5 | –  – | –3–5  –3–4 | –6–8  –5–6 | 11–13  9–11 |
| 6. Горы Тянь-Шаня, Памира, Алтая, Саян | t5, tx  tв | 5–6  5 | –  – | –5–6  –4–5 | –8–9  –6–8 | 13–15  11–13 |
| 7. Горы центральной и восточной Якутии | t5, tx  tв | 6  5–6 | –  – | –6–7  –5–6 | –9–10  –8–9 | 15–17  13–15 |

Приближенное значение tн.ж может быть .найдено по уравнению ****, где tн.ж – средняя температура воздуха наиболее жаркого месяца, Тт–постоянная величина, определяемая по карте. Значения Тт по территории СНГ меняются от 5–6° на юге до 14–15° на севере.

Для расчета теплоустойчивости и деформации ограждения под влиянием температурных воздействий используется суточная амплитуда колебаний температуры. Она складывается из амплитуды расчетной температуры и амплитуды температуры за счет солнечной радиации.

*Температура почвы.* Долговечность здания в значительной степени зависит от долговечности его несущих конструкций, фундамента. В настоящее время используются два типа фундаментов – ленточные и свайные. Для того, чтобы правильно выбрать и рассчитать фундаменты для зданий, необходимо знать: состав грунта; уровень залегания грунтовых вод; теплофизические свойства почвы и грунтов; глубину промерзания почвы; характер постройки.

Состав грунтов и их влагосодержание определяют теплопроводность почвы. Чем больше теплопроводность почвы, тем больше глубина ее промерзания. Наибольшей теплопроводностью обладают горные породы. Дорожные покрытия промерзают сильнее, чем участки почвы, находящиеся под растительностью или взрыхленные. С увеличением влажности теплопроводность почвы увеличивается.

Глубина промерзания почвы важна при закладке фундаментов, а также при проектировании подземных сооружений.

При температуре почвы, близкой к 0°С, резко меняются ее механические свойства и при промерзании происходит вспучивание грунтов. Глубина промерзания почвы зависит от многих факторов (географической широты, высоты над уровнем моря, наличия растительного и. снежного покрова, от влажности почвы, ее состава и свойств).

За нормативную глубину промерзания почвы принята средняя из ежегодных максимальных глубин сезонного промерзания грунтов за 10 лет наблюдений на участках под оголенной от снега поверхностью почвы.

Глубина сезонного промерзания почвы вычисляется по формуле , где  – абсолютное значение суммы отрицательных температур; с – коэффициент, зависящий от состава почвы (для глинистых и суглинистых почв с – 23, для супесей с = 28, для песков средней и крупной структуры с = 30). В районах, где глубина промерзания не превышает 2,5 м, она рассчитывается цо формуле .

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта у фундаментов определяется по формуле , где mt – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания (сооружения) на глубину промерзания грунта у фундамента и колонн.

Значения mt зависят от конструктивной особенности здания и от температуры воздуха в помещении, непосредственно примыкающем к фундаменту (таблица 4.5).

Считается, что при проектировании фундаментов и оснований, при проектировании и строительстве трубопроводов необходимо использовать максимальные глубины промерзания почвы определенной вероятности.

Таблица 4.5 – Коэффициент mt для различных сооружений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Конструктивные особенности здания | Температура внутри помещения, примыкающего к фундаменту (градусов) | | | |
| 5 | 10 | 15 | 20 |
| Полы расположены на грунте (здание без подвала) | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| Полы лежат на лагах (здание без подвала) | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 |
| Полы лежат на цокольных перекрытиях (здание без подвала) | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| Здание с подвалами | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0.4 |

*Солнечная радиация.* Учет солнечной радиации при строительстве зданий необходим для оценки нагревания стен и внутренних помещений, оценки комфортных условий для труда и отдыха человека.

При учете влияния на строительные объекты солнечной радиации прежде всего используются средние количества тепла, поступающие от солнца на горизонтальную поверхность в виде прямой, рассеянной и суммарной радиации, а также интенсивность ультрафиолетового облучения.

Информация о количестве приходящей солнечной радиации на вертикальные поверхности различной ориентации позволяет значительно лучше учесть ее влияние на ограждающие конструкции и на микроклимат помещений в различных географических районах.

При открытых окнах в помещение поступает столько же тепла от солнца, сколько и на стены здания. Если окна закрыты, то часть радиации отражается от стекла, часть поглощается стеклом и оконными переплетами и нагревает их. Обычно коэффициент пропускания суммарной коротковолновой радиации, падающей на остекленные части ограждения, принимается равным 0,67, что соответствует пропусканию окон с двойным остеклением и с чистыми стеклами.

Нагревание стен за счет приходящей солнечной радиации во многом зависит от величины поглощенной стенами радиации. Поглощательная способность различных материалов зависит от их цвета и состояния.

Подсчитано, что 80 ккал/м2 в час поглощенной радиации повышают температуру наружной поверхности на 4–5°. Летом такое количество радиации за час получают стены зданий в большинстве районов СНГ, а в полуденные часы стены могут поглощать до. 300–400 ккал/м2 ч солнечного тепла и нагреваться так, что их температура будет более чем на 15° выше температуры воздуха.

Особенно сильному перегреву под влиянием солнечной радиации подвергаются металлические конструкции. Летом в ясные дни, в полуденные часы, алюминиевые части ограждающих конструкций нагреваются до 60° С при температуре окружающего воздуха не выше 18° С.

Количество суммарной радиации, поступающей на вертикальную поверхность в единицу времени (QB), определяют по формуле , где Sв – прямая солнечная радиация, приходящая к вертикальной поверхности, Дт и Rт – рассеянная и отраженная радиация, поступающие на горизонтальную поверхность.

Sв рассчитывается по формуле: , где  – азимут, солнца (считается положительным при отсчете от точки юга в направлении движения часовой стрелки), А – азимут нормали к стене, S – прямая солнечная радиация на перпендикулярную к лучам солнца площадку,  – высота солнца.

Отраженная к стене от земной поверхности радиация (Rr) определяется из соотношения , где Qr – суммарная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, Ak – альбедо участков, примыкающих к зданию (в процентах).

Для определения суммарной радиации, поступающей на вертикальную поверхность Q'в используется коэффициент .

В отличие от Ks коэффициент для суммарной радиации Kq мало изменяется с широтой места и от месяца к месяцу. Средняя ошибка коэффициентов Kq составляет 2–3%. В зимние месяцы определить Kq для стен южной и юго-восточной ориентации с достаточной точностью невозможно. Поэтому суммарную радиацию Qв в этих случаях целесообразно определять по составляющим.

Отраженную радиацию, направленную к стене, , можно учитывать в виде поправки в процентах суммарной радиации Qв. Величина поправок закономерно меняется с широтой,.

Можно отметить, что в январе количество приходящей радиации возрастает с севера на юг в соответствии с увеличением широты места и с общим уменьшением облачности при продвижении к южным широтам. Отклонение от широтного распределения радиации отмечается в муссонных областях, в прибрежных районах южных морей и в предгорных районах. Наибольшее количество солнечной радиации на всех широтах получают южные стены как по сравнению со стенами другой ориентации, так и с горизонтальной поверхностью. В восточных районах Европейской территории приход радиации больше, чем в западных, что обусловлено как меньшей облачностью, так и большей величиной отраженной радиации за счет более высоких значений альбедо снежного покрова.

Большим приходом суммарной радиации характеризуется Забайкалье (7–9 ккал/см2 в месяц), южные районы Средней Азии (8–9 ккал/см2 в месяц), а максимальные величины отмечаются на юге Приморского края (более 11 ккал/см2 в месяц).

Приход радиации на восточные и северные стены значительно меньше и более равномерно меняется с широтой во всех географических районах. На юге ETC восточные стены получают 2 ккал/см2 в месяц, а северные – менее 1 ккал/см2 в месяц. В пустынных районах Средней Азии и на Дальнем востоке восточные стены получают около 4 ккал/см2 в месяц, а северные около 2 ккал/см2 в месяц. До 55° с. ш. на восточные стены поступает приблизительно такое же количество радиации, как и на горизонтальную поверхность, южнее 55°с. ш. стены получают на 1–2 ккал/см2 в месяц меньше, чем горизонтальная поверхность.

В июле на восточные стены в большинстве районов приходит около 8–9 ккал/см2 в месяц, что на 30–40% меньше, чем на горизонтальную поверхность. Сравнительно высокий приход радиации (10–11 ккал/см2 в месяц) отмечается в районах Средней Азии. Июльские суммы радиации здесь максимальны или близки к максимальным и только севернее 70 с. ш. и на Дальнем Востоке максимум приходится на май и достигает 12–14 ккал/см2 в месяц. Максимум в мае на севере обусловлен в основном большим приходом рассеянной и отраженной радиации (велико альбедо поверхности), а в Приамурье – значительным приходом прямой солнечной радиации.

На северные стены в июле тепла поступает в 2–3 раза меньше, чем на горизонтальную поверхность (5–6 ккал/см2 в месяц) и только за полярным кругом суммы радиации больше. Южные стены в июле получают повсеместно меньше радиации, чем горизонтальная поверхность (2/3 на севере, 1/2 на юге).

Величина поглощенной стеной радиации (Вв) может быть определена по формуле , где Ас–альбедо стены.

Альбедо поверхностей зданий, строительных материалов и некоторых естественных, поверхностей приводится в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Альбедо (Ас) некоторых строительных материалов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование материала и обработка | Характеристика поверхности | Цвет поверхности | Альбедо, % |
| Кирпич оштукатуренный | Гладкая | Белый  Розовый  Светло-желтый  Светло-голубой  Темно-розовый | 70  50  53  45  30 |
| Шероховатая | Коричневый | 10 |
| Кирпич неоштукатуренный | Шероховатая | Красный  Светлый | 23–30  45–80 |
| Панель  Бетонная  Оштукатуренная | Шероховатая  Гладкая | Белый  Светло-голубой  Темно-серый | 70  45  28–30 |
| Рубероид |  | Темно-коричневый | 12 |
| Оцинкованная сталь |  | Светло-серый | 35 |
| Черепица |  | Светло-красный | 40 |

Для получения количественной оценки температурной поправки за счет солнечной радиации может быть использована установленная З.И. Пивоваровой зависимость между величиной поглощенной стеной радиации и величиной самой поправки (таблица 4.7) .

Для учета перегрева стены за счет солнечного облучения А.М. Шкловер ввел понятие суммарной, или условной температуры , где tн – температура наружного воздуха, Qв –суммарная радиация, падающая на наружную поверхность ограждения, ккал/м2 в час, αn –коэффициент теплообмена между .наружной поверхностью ограждения и наружным воздухом, равный в среднем 20 ккал/ч.м2.град., р – поглощательная способность стены.

Таблица 4.7 – Поправка к температуре наружной поверхности стены за счет радиации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вв, ккал/ч. м2 | 0 | 20 | 32 | 45 | 57 | 70 | 83 | 96 | 109 | 121 | 134 | 146 |
| Вв, ккал/мес, см2 | 0 | 1,3 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 6,2 | 7,1 | 8,0 | 9,0 | 9,8 | 10,8 |
| Поправка | –0,6 | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |

При отрицательных температурах воздуха получаются близкие значения tc и tусл. Только для случаев низких температур и при наличии радиации эти величины различаются на. 0,5–0,7°. При положительных температурах tc и tусл могут различаться до 1– 2°.

*Влажность воздуха и осадки.* Повышенная влажность воздуха ухудшает эксплуатационные качества конструкции, уменьшает срок их пригодности и отрицательно влияет на микроклимат жилища. Во влажном ограждении, легко образуются плесень и грибки, поэтому деревянные части ограждения быстро гниют. Теплоотдача влажных стен, построенных из гигроскопических материалов, может оказаться в несколько раз, больше, чем предусмотрено строительными нормами и правилами.

Сухие стены дольше сохраняются при любой температуре. Влажные, даже каменные, стены в суровые зимы быстро разрушаются. Водяной пар, проникший в поры материалов, замерзает и производит разрушительное действие.

При смене морозной погоды оттепелью водяной пар конденсируется на наружных поверхностях стен зданий, так как они оказываются холоднее окружающего воздуха. Кроме того, в ряде случаев на облицовочной части зданий образуется иней.

В районах с влажным климатом в холодное время года возможна конденсация влаги на внутренних стенах зданий и тогда неприменима сухая штукатурка и оклеивание стен.

При учете влияния на сооружения влажности воздуха используются средние значения абсолютной и относительной влажности, а также средняя амплитуда суточных колебаний относительной влажности наиболее жаркого месяца.

Особенно увлажняются стены при дождях, сопровождающихся сильными порывистыми ветрами.

Многие строительные материалы быстро впитывают влагу, и она перемещается в более глубокие слои ограждений. Если строительные конструкции легкие, то при сильном ветре, который ускоряет проникновение влаги, влага может достигать внутренней поверхности стены. Случаи сквозного промокания стен некоторых зданий могут наблюдаться в прибрежных районах Камчатки и Чукотки при штормовых ветрах с дождем. Массивные каменные конструкции не допускают сквозного промокания, но такие стены медленно высыхают.

Длительные, моросящие дожди оказывают на здания более вредное действие, чем интенсивные, но непродолжительные осадки, так как мелкие капли лучше удерживаются на поверхности и впитываются пористыми материалами.

В районах, с дождливой осенью и холодной зимой строители предусматривают защиту стен от влаги.

В период сильных и продолжительных дождей увеличивается влажность грунта. Влажный грунт при замерзании пучится, что влияет на устойчивость здания, сооружение деформируется и может преждевременно разрушиться. Требуются специальные меры гидроизоляции стен, полов, подвалов, фундаментов.

При учете влияния на сооружения осадков используются их годовые суммы, годовые значения только жидких осадков, а также и их суточные максимумы.

Для оценки увлажнения стен зданий дождями разработаны различные климатические показатели. К ним относится индекс косого дождя Лаци-Шеларда. Он определяется как произведение годовой суммы осадков и средней за год скорости ветра, деленное на 1000. Для территории СССР этот индекс был рассчитан Ц.А. Швер, причем использовались не средние годовые скорости ветра, а скорости ветра при выпадении жидких осадков. На территории бывшего СССР индекс косого дождя имеет максимальное значение на Сахалине, Камчатке, на Курильских островах, в Приморском крае. На Европейской территории Союза индекс косого дождя оказался наибольшим на побережьях Баренцева и Балтийского морей.

Суммы осадков, выпадающих на вертикальную поверхность (RB), можно рассчитать по следующей формуле: , где р1, р2, р3, – вероятности скоростей ветра при дожде по градациям соответственно 6–9, 10–14 и более 15 м/с; R– общая сумма осадков.

Количество осадков, выпадающих на стену определенной ориентации, можно приближённо определить путем умножения RB на значение вероятности направления ветра соответствующего румба.

Для более точных расчетов этой величины необходимо иметь сведения о повторяемости ветра различных румбов при каждой градации, скорости ветра в дни с дождями.

Следует отметить, что в отдельных районах на вертикальные поверхности попадает до 100% выпавших осадков. Это наблюдается на побережьях северных морей и на Курильских островах.

*Ветер.* Ветровой режим оказывает на сооружения как положительное, так и отрицательное воздействие. Теплоотдача зданий в значительной степени зависит от скорости ветра. При усилении ветра увеличиваются инфильтрационные теплопотери здания через неплотности окон и дверей.

Ветер создает ветровую нагрузку на здание, поэтому надо правильно рассчитать ее, чтобы обеспечить сооружению необходимую прочность, не удорожая строительства. В то же время во влажных районах ветер способствует увеличению долговечности зданий, так как ускоряет просушивание ограждающих конструкций. Ветер можно использовать и для улучшения микроклимата жилищ. В условиях жаркого климата создаются приспособления для улавливания прохладного ветра; комнаты в домах располагаются так, чтобы обеспечивалось сквозное проветривание квартир.

При учете влияния на сооружения ветрового режима используются средние скорости и повторяемости направлений ветра, повторяемости и средние скорости ветра по направлениям, повторяемости штилей, максимальные скорости ветра определенного периода повторения, средние наибольшие и наименьшие скорости ветра в январе и июле.

Инфильтрационные теплопотери зданий, согласно действующим СНиП, учитываются путем введения надбавки к расчетам теплопотерь за счет разности температур воздуха внутри и снаружи помещения. Надбавки к теплопотерям вводятся только в тех районах, где средняя скорость ветра за три самых холодных месяца превосходит 5 м/с. Величина этой надбавки при средней скорости ветра более 10 м/с не превышает 30% при любой ограждающей конструкции и любой проемности окон. Необходимое сопротивление стен воздухопроницаемости определяется по средней скорости ветра за самый холодный месяц.

*Комплексный учет метеорологических факторов.* На сооружение, действуют совместно сразу несколько метеорологических факторов, оказывая сложное воздействие. Разработаны климатические показатели, позволяющие учитывать совместное влияние двух и более метеорологических факторов.

Комплексный климатический показатель для расчета теплопотерь зданий за счет теплопроводности и воздухообмена предложен Л.С. Гандиным. Этот показатель назван эффективной температурой. С помощью эффективной температуры определяется теплопотеря здания при штиле, эквивалентная действительной теплопотере при определенном сочетании температуры и скорости ветра.

Эффективную температуру можно вычислить так: , где tэ – эффективная температура; tн– температура наружного воздуха, tв – температура внутри помещения; m – параметр, зависящий от теплотехнических характеристик ограждающей конструкции (площадь окон, термическое сопротивление окон и стен), А – параметр, зависящий от скорости ветра и коэффициента воздухопроницаемости здания.

При расчетах параметр m принимают равным 0,45, что соответствует зданиям с двойным остеклением окон и их площади, равной 30% от площади стен, а температуру воздуха внутри помещения (tв) – равной 18° С. На основании формулы рассчитаны таблицы эффективных температур при различных сочетаниях отрицательной температуры наружного воздуха и скорости ветра для значений коэффициента воздухопроницаемости равных 0,16; 0,20; 0,24; 0,28 с/м.

Эффективную температуру можно рассматривать как особый, новый климатический показатель, позволяющий судить о суровости зим.

В различных районах бывшего СССР в формировании tэ в большой степени участвуют или термический, или ветровой факторы. На ETР низкие эффективные температуры наблюдаются в северных прибрежных районах, в ее северо-восточной части и в степных районах. На побережьях и в степных районах низкие значения tэ обусловлены действием ветра, а на северо-востоке – действием низких температур.

В равнинных районах Западной Сибири и Казахстана эффективные температуры формируются в основном под действием ветра и диапазон изменений скорости ветра и температуры при одних и тех же tэ весьма велик. Так, на о. Диксон эффективная температура обеспеченностью 0,1% равна 110°, а при самых низких температурах и малых скоростях ветра достигает лишь –60– 65 ° С.

В Восточной Сибири на северном побережье фактические температуры воздуха могут опускаться до –56, –58° при штиле и слабом ветре, в то же время при более высоких температурах могут иметь место большие скорости ветра. Поэтому для этих районов характерен большой диапазон температур и ветров, обусловливающих одинаковые значения tэ.

В Якутии основную роль в формировании эффективных температур играет температура наружного воздуха, поэтому здесь нормативные эффективные температуры не очень низкие, несмотря на то, что эти районы наиболее холодные (tэ при Р = 0,1% равны – 56, –61°С). На северо-востоке России в прибрежных открытых районах температура воздуха значительно выше, чем в Якутии, а эффективные температуры опускаются до –90° С и ниже. Основную роль в формировании tэ играет ветер, скорость которого здесь очень велика. Так, в Анадыре эффективная температура обеспеченностью 0,1 % составляет – 92°С.

На побережье Охотского моря, Дальнем Востоке, Камчатке и Сахалине основную роль в формировании эффективных температур играет ветер при Р = 0,1 % равна –55, –65°С).

Следует отметить большую ежегодную изменчивость расчетной tэ и особенно в тех районах, где эффективная температура определяется скоростью ветра.

Л.Е. Анапольской и Л.С. Гандиным выполнено районирование. территории СССР по расчетным эффективным температурам. Всего выделено одиннадцать районов (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Расчетная эффективная температура в различных районах бывшего СССР

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | I | II | III | IV | V | VI | VII | VII | IX | X | XI |
| T, гр. С | –20 | –21 | –26 | –31 | –36 | –41 | –46 | –51 | –61 | –71 | –91 |
|  |  | –25 | –30 | –35 | –40 | –45 | –50 | –60 | –70 | –90 | –110 |

В район XI входят северные побережья морей Западной и Восточной Сибири, а также Чукотки. К районам X и IX относятся северные районы Сибири, Чукотки, побережья Дальнего Востока. Район VIII наиболее обширен. Он занимает центральные и южные районы Западной и Восточной Сибири. К районам VII–I относится территория Казахстана и Средней Азии.

На территории ETC выделяются районы III–VII. Здесь границы районов имеют не широтное, а меридиональное распределение. К районам III-IV относятся западные (в том числе и Беларусь), а к району VII восточная часть ETC.

***4.3. Метеорологические нагрузки на сооружения***

*Ветровые нагрузки.* Все сооружений, возвышающиеся над поверхностью земли, подвергаются ветровым воздействиям. Для сооружения высотой более 40 м необходимо учитывать величину нагрузки, создаваемой ветром. Статистическая ветровая нагрузка, нормальная к поверхности сооружения или к его элементу, определяется по формуле , где Сх – аэродинамический коэффициент (коэффициент лобового сопротивления сооружения); qo– скоростной напор ветра (давление ветра на единицу поверхности в кг/м2).

Скоростной напор ветра (qо) может быть рассчитан по формуле , где v – скорость ветра в м/с; m = p/g – масса воздуха.

Если принять плотность воздуха р = 1,225 км/м2, что имеет место при температуре воздуха 15° С и давлении 760 мм рт. ст., тогда .

Таким образом, для конкретного сооружения величина ветровой нагрузки определяется скоростью ветра. При занижении расчетных ветровых нагрузок по сравнению с действительными возникают аварии, а при завышении их обеспечивается большой запас прочности, но увеличивается стоимость сооружения.

В качестве расчетной скорости для определения ветровой нагрузки обычно принимается наибольшая скорость ветра определенной обеспеченности.

Чаще всего при расчете ветровой нагрузки используется максимальная скорость ветра по флюгеру, возможная раз в пять лет.

Период повторения Т (число лет, за которые наблюдалась величина, превосходящая X), определяется по формуле , где N – число наблюдений в течение одного года, Р(х) –обеспеченность скорости ветра выше определенного значения.

При расчете нормативного скоростного напора (qн) следует пользоваться формулами  и, где   
а = 0,75 + 5/v2  – поправка к расчетной скорости ветра, возможной раз в пять лет. Эта поправка вводится в тех районах, где расчетная скорость превосходит 20 м/с.

Нормативы скоростных напоров ветра на сооружения на высоте 10 м над поверхностью земли строители берут из СНиПа в зависимости от района (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Скоростные напоры ветра в различных районах СНГ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Районы СНГ | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| Скоростной напор кгс/м2 | 27 | 35 | 45 | 55 | 70 | 85 | 100 |

На большей части СНГ скоростной напор не превышает 45 кгс/м2. Северные и центральные районы Беларуси относятся к I району, южные – ко II. Лишь на побережьях Арктических и Дальневосточных морей он достигает 85–100 кгс/м2. Наименьшие скоростные напоры отмечаются во внутриконтинентальных районах. Увеличение скоростных напоров отмечается в предгорьях и на побережьях водоемов.

Ветровой напор на сооружение высотой более 10 м, согласно СНиП, определяется по формуле , где Kz–коэффициент пересчета ветрового напора с высоты 10 м на другие высоты, q – ветровой напор на высоте 10 м, рассчитанный по скорости ветра, возможной раз в пять лет; n – коэффициент перегрузки, с помощью которого осуществляется пересчет ветрового напора, возможного раз в пять лет, на напор, наблюдаемый реже; β – коэффициент, учитывающий пульсации ветрового напора и динамичность конструкции (реакция сооружения на порывы ветра).

Ветровая нагрузка на высокое сооружение рассчитывается по отдельным участкам сооружения и суммируется. Формула для ее расчета имеет вид , где Сх – аэродинамический коэффициент; s – проекция площади отдельного элемента сооружения на плоскость, перпендикулярную направлению ветра.

Коэффициент Кz определен на основе экспериментальных данных в зависимости от типа защищенности подстилающей поверхности (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Изменение коэффициента Kz в зависимости от типа местности и высоты

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип местности | Показатель m | Высота, м | | | | | |
| 10 | 30 | 60 | 100 | 200 | 350 |
| А | 0,16 | 1 | 1,4 | 1,8 | 2,1 | 2,6 | 3,1 |
| Б | 0,22 | 0,65 | 1,05 | 1,4 | 1,8 | 2,45 | 3,1 |

К типу А относится открытая местность (степь, пустыня, поле, открытые побережья морей, озер, водохранилищ и т. д.). К типу Б относится защищенная местность (города, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м).

На территории СНГ по расчетным скоростям ветра, возможным раз в пять лет, выделено шесть районов (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Расчетные скорости ветра на разных высотах (м/с)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота, м | Район | | | | | | | | | | |
| I | II | | III | | IV | | V | | VI | |
| 10–12 | 21 | 24 | | 27 | | 30 | | 34 | | 37 | |
| 100 | 27 | 31 | | 34 | | 38 | | 42 | | 46 | |
| 200 | 30 | 34 | | 38 | | 42 | | 46 | | 51 | |
| 300 | 32 | 36 | | 40 | | 44 | | 49 | | 54 | |
| 500 | 34 | | 39 | | 44 | | 49 | | 54 | | 58 |

Наименьшие расчетные скорости наблюдаются в центральных частях ETР, Западной и Восточной Сибири и в Средней Азии, а наибольшие на побережьях морей Северного Ледовитого и Тихого океанов.

Наряду со статистической частью ветровой нагрузки на сооружения воздействует и динамическая нагрузка, обусловленная порывами ветра. Она обычно является кратковременной, однако по величине превосходит статистическую.

Эффект воздействия порывов ветра зависит от динамических свойств конструкции и его массивности. Обычно в процессе проектирования невысоких массивных сооружений эффект динамической нагрузки не учитывается. При проектировании мачт, дымовых труб, опор линий электропередачи и тому подобных сооружений (с периодом свободных колебаний более 0,25 с), многоэтажных зданий высотой более 40 м, одноэтажных однопроектных производственных зданий высотой более 30 м и отношением высоты здания к его ширине (пролету) более единицы необходимо учитывать нагрузки, создаваемые при порывах ветра.

Кроме того, для проектирования гибких высоких сооружений круговой цилиндрической формы производят расчет их на резонанс, возникающий при скоростях ветра, когда частота срыва вихрей совпадает с частотой свободных поперечных колебаний сооружения.

Показателем степени порывистости воздушного потока является коэффициент, определяемый отношением максимальной скорости ветра (vмакс) за какой-то промежуток времени к скорости (v), осредненной за этот промежуток.

*Гололедные нагрузки.* К гололедным отложениям относятся: гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, налипание мокрого снега и сложные гололедообразования, состоящие из нескольких видов. Вид отложения зависит от размеров капель и скорости их замерзания.

Гололед является самым плотным видом отложений льда. Чаще всего его плотность равна 0,6–0,9 г/см3. Плотность зернистой изморози составляет 0,1–0,6 г/см3, а кристаллической – 0,01 – 0,08 г/см3.

Гололедные отложения, образующиеся в результате налипания мокрого снега, могут быть различной плотности, от 0,10 до 0,70 г/см3.

Наблюдения за размерами гололедно-изморозевых отложений осуществляются с помощью гололедного станка, приемной частью которого являются провода длиной 90 см и диаметром 4–5 мм. Провода укрепляются на трех стойках: два провода в меридиональном направлении и два в широтном. Высота их крепления 1,9 и 2,2 м. Один из пары проводов укрепляется неподвижно (постоянный), другой (сменный) может сниматься. Обычно измеряются большой и малый диаметр отложений и его вес.

Особенно большое влияние оказывают гололедные нагрузки на работу воздушных линий связи и электропередачи. Они создают дополнительную весовую нагрузку на провода и опоры воздушных линий. При обледенении проводов значительно возрастает ветровая нагрузка, провода могут скручиваться, иногда возникает их вибрация. Гололедные отложения к тому же вызывают помехи в прохождении сигналов.

В СНиП гололедная нагрузка на провода, тросы и канаты рассчитывается по толщине нормативной стенки гололеда. За нормативную стенку принимается толщина гололедного отложения на одном погонном метре провода с диаметром 10 мм и высотой подвеса 10 м, приведенная к максимальной плотности гололеда, равной 0,9 г/м3 и возможная раз в 5, 10, 20 и другие периоды лет.

Величина гололедной нагрузки, возможная раз в 5 лет или раз в 10 лет, может быть принята за климатический норматив при проектировании сельских линий электропередачи, имеющих невысокое напряжение и уравнительно легко исправляемых при авариях. При проектировании высоковольтных воздушных линий и различных высотных сооружений, которые должны служить более длительный срок, их рассчитывают на большие значения гололедных нагрузок, т. е. наблюдаемых реже, чем раз в 5 или 10 лет.

Толщина стенки гололеда (в см) на уровне гололедного станка, приведённая к плотности 0,9 г/см3 (bn), может быть определена по формуле , где Р – вес гололедного отложения на одном погонном метре, провода гололедного станка в г, d – диаметр провода в мм.

Если же вес отложения не известен, а измерены большой и малый диаметры отложения (а и с), то bn определяют по соотношению , где γ = 0,9 г/см3 – максимально возможная плотность отложения, γ` – фактическая плотность отложения.

Плотность гололеда принимается 0,75 г/см3, для смешанных отложений и замерзшего мокрого снега γ = 0,2 г/см3, для зернистой изморози γ = 0>1 г/см3, для кристаллической γ = 0,05 г/см3.

Пересчет толщины стенки гололеда на провода диаметром 10 мм и высотой подвеса 10 м осуществляется с помощью умножения значения bn на коэффициент Кbdh = 1,5..

В настоящее время показано, что коэффициент Кbdh не является постоянной величиной, а зависит от скорости ветра и размера самого отложения (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Коэффициенты Kbdh для пересчета толщины стенки гололедного отложения (d=10 мм, h = 10 м)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина стенки гололедного отложения, мм | Скорость ветра, м/с | | | | |
| 0,1–4,0 | 4,1–8,0 | 8,1–12,0 | 12,1–16,0 | >16 |
| 5 | 1,85 | 2,00 | 2,14 | 2,32 | 2,48 |
| 10 | 1,65 | 1,77 | 1,90 | 2,07 | 2,18 |
| 15 | 1,57 | 1,68 | 1,80 | 1,90 | 2,00 |
| 20 | 1,25 | 1,30 | 1,37 | 1,45 | 1,50 |

Вес гололедного отложения, если он известен на уровне гололедного станка, может быть также пересчитан на провода диаметром 10 мм и высотой их подвеса с помощью коэффициентов Kpdh (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Коэффициенты Kpdh для пересчета веса гололедного отложения (d= 10 мм, H= 10 м)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вес гололедного отложения, г | Скорость ветра, м/с | | | | |
| 1–4 | 5 – 8 | 9–12 | 13–16 | >16 |
| <100 | 3,7 | 4,2 | 4,6 | 5,1 | 5,6 |
| 101–150 | 3,3 | 3,7 | 4,1 | 4,6 | 5,0 |
| 151–300 | 2,9 | 3,2 | 3,6 | 4,0 | 4,4 |
| 301–450 | 2,5 | 2,8 | 3,2 | 3,5 | 3,7 |
| 451–600 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 |
| >600 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 |

Согласно СНиПу, вся территория СНГ по величине нормативной стенки гололеда разделена на пять районов (таблица 4.14). .

Таблица 4.14 – Толщина стенки гололеда в зависимости от района

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Районы СНГ | I | II | III | IV | V |
| Толщина стенки гололеда, мм | <3 | 5 | 10 | 15 | >20 |

Номер района определяется по карте, опубликованной в СНиП. К району I относится почти вся территория Западной и Восточной Сибири за исключением Арктического побережья. На Европейской территории в основном преобладают II и III классы гололедности. Классы IV и V гололедности относятся к горным районам. На Дальнем Востоке и Сахалине преобладают III и IV классы.

Для определения гололедной нагрузки на провода других диаметров и другой высоты подвеса используются соответствующие коэффициенты (таблицы 4.15 и 4.16).

Таблица 4.15 – Коэффициент пересчета гололедной нагрузки на провода других диаметров

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр провода, мм | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 |
| Коэффициент | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 |

Таблица 4.16 – Коэффициент пересчета гололедной нагрузки в зависимости от высоты подвеса проводов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота над поверх-ностью земли, м | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 |
| Коэффициент | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 |

В случае расчета гололедных нагрузок на ЛЭП необходимо учитывать влияние на них закручивания проводов и электрического напряжения путем введения коэффициентов Крз и Крэ. Изменение Крз зависит от величины гололедных нагрузок. При небольших нагрузках (до 500–600 г/м) происходит возрастание Крз, а с увеличением нагрузки этот коэффициент уменьшается.

Когда толщина стенки bн изменяется от 1 до 5–7 мм, коэффициент Крз возрастает от 1 до 1,6, а при bн=15 мм понижается до 1,2. С уменьшением сечения провода максимум сдвигается в сторону больших нагрузок.

Наличие электрического поля провода создает условия, благоприятные для увеличения гололедной нагрузки на провода. Эта зависимость, выраженная через погрешность Крэ/P, является криволинейной – при малом весе гололеда происходит быстрое возрастание Крэ, а при увеличении гололедной нагрузки, начиная с 800–1000 г/м коэффициент Крз уменьшается (Крэ изменяется от 1,25 до 1,4).

Следует отметить, что поправки к гололедным нагрузкам на закручивание и электрическое напряжение пока еще не вошли в СНиП.

*Ветровые нагрузки при гололеде.* Ветровые нагрузки при гололеде на 1 м2 поверхности обледеневшего провода определяются по формуле , где Сх – аэродинамический коэффициент, равный 1.2; q – скоростной напор ветра в кг/м2, s – площадь осевого сечения одного метра обледеневшего провода в м2.

Согласно СНиПу для расчета ветровой нагрузки при гололеде скоростной напор ветра q принимается в четыре раза меньше скоростного напора ветра без гололеда.

Площадь s определяется по толщине нормативной стенки гололеда, т.е. диаметр осевого сечения обледеневшего провода принимается равным 2bн+d, где d – диаметр провода.

Учитывая, что под воздействием ветра обледеневший провод закручивается, целесообразно диаметр обледеневшего провода (d) принимать равным средней геометрической величине из а и с, т. е. .

Различие в определении площади осевого сечения s по толщине стенки гололеда и по среднему геометрическому диаметру будет определяться как .

Ks для гололеда составляет около 1,08, а при других видах гололедных отложений доходит до 2,0–2,5 и зависит не только от плотности отложения, но и от размеров самого отложения.

Ветровая нагрузка при гололедных отложениях на уровне гололедного станка определяется с помощью номограммы, построенной на основании следующей формулы , где Q – значение ветровой нагрузки в г/пог.м, а и с – диаметры гололедно-изморозевого отложения, на гололедном станке в мм, v – скорость ветра в м/с.

В качестве нормативной ветровой нагрузки при гололеде обычно выбирается наибольшая нагрузка, наблюдаемая раз за определенный период лет (раз в 10 лет).

Пересчет ветровой нагрузки с уровня станка на провода с параметрами d = 10 мм и h = 10 м осуществляется с помощью коэффициентов пересчета КDdh (таблица 4.17), который зависит от размеров и вида отложения и скорости ветра.

Таблица 4.17 – Коэффициенты пересчета КDdh

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размер отложения, мм2 | V м/с | | | | | |
| 0,1–8,0 | | 8,1–16,0 | | >16,0 | |
| Гололед | Смесь | Гололед | Смесь | Гололед | Смесь |
| <50 | 2,25 | 2,75 | 2,38 | 2,90 | 2.52 | 3,10 |
| 51–100 | 1,90 | 2,40 | 2,10 | 2,74 | 2,30 | 2,95 |
| 101–200 | 1,80 | 2,20 | 2,00 | 2,58 | 2,23 | 2,78 |
| 201–800 | 1,70 | 2,00 | 1,90 | 2,43 | 2,16 | 2,70 |
| >800 | 1,58 | 1,82 | 1,80 | 2,35 | 2,10 | 2,62 |

При определении ветровой нагрузки во время гололеда на провода другого диаметра и другой высоты подвеса используются также специальные коэффициенты.

*Результирующие нагрузки при гололедно-изморозевых отложениях.* Результирующая, или суммарная гололедно-ветровая нагрузка R на провода воздушных линий равна геометрической сумме двух составляющих – вертикальной нагрузки, определяемой весом гололеда и весом провода, и горизонтальной нагрузки, возникающей под действием ветра , где Р – гололедная нагрузка на провода воздушных линий, р – вес провода (200 г), Q – ветровая нагрузка.

Нормативная толщина стенки гололеда, возможная раз в 10 лет, меняется по территории СНГ в зависимости от района гололедности (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Нормативная толщина стенки гололеда в зависимости от района гололедности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район гололедности | I | II | III | IV | V особый |
| Толщина стенки, мм | <7,4 | 7,5–12,4 | 12,5–17,4 | 17,5–22,4 | >22,4 |

Большая часть СНГ относится к I и II районам гололедности. К III и IV районам гололедности относятся высокогорные области, южная часть ETР, Приморье, о. Сахалин и восточное побережье Камчатки.

*Снеговые нагрузки.* Снеговая нагрузка на различные покрытия определяется весом снежного покрова на единицу площади. В СНиП норматив Ро кгс/м2 по снеговой нагрузке на горизонтальную поверхность определяется по формуле , где р – средняя плотность снега для определенной территории; Н – средняя из ежегодных максимальных высот снежного покрова на защищенных участках. Пересчет веса снежного покрова с горизонтальной поверхности на покрытия, имеющие различный уклон и форму, осуществляется по формуле , где Рн – нормативная снеговая нагрузка; с – коэффициент, зависящий от технических параметров покрытия.

При расчете конструкции покрытия за расчетную нагрузку Рр принимался Рр =1,4 Рн, т. е. нормативные нагрузки увеличивались на 40%. Эта поправка оправдана тем, что норматив Ро определен как среднее из максимальных весов снега за каждый год. Опыт эксплуатации зданий показал, что конструкции покрытий, рассчитанные по действующим нормам, очень редко выходят из строя.

Можно определять расчетные снеговые нагрузки как годовые максимумы, возможные раз в 10 или другие периоды лет и снимаемые с интегральной кривой распределения, построенной на клетчатке для кривых с большой асимметрией. Годовые максимумы снеговой нагрузки рассчитываются по формуле , где Р – снеговая нагрузка в кг/м2 с учетом сноса снега; Рэ– максимальный вес выпавшего за зиму снега; vm – средняя скорость ветра при снегопадах; q – средняя интенсивность сноса снега за сутки (в кг/м2 сутки) при метели без снегопадов; n – повторяемость скоростей ветра более 6 м/с за период отсутствия снегопадов;  – продолжительность сноса снега за период, отсутствия снегопадов.

Скорость обычно определяется как средняя скорость ветра, начиная с 4 м/с. Значение q определяется в зависимости от средней скорости ветра при более 5 м/с по таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Зависимость интенсивности сноса снега q (кг/м2 сут) от скорости ветра (v м/с)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| v | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 10,5 | 11,0 | 11,5 | 12,0 | 12,5 | 13,0 | 13,5 | 14,0 |
| q | 0 | 0,05 | 0,15 | 0,25 | 0,45 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,30 | 1,70 | 2,20 | 2,80 | 3,40 |

Поскольку нет данных о продолжительности сноса снега за период отсутствия снегопадов, то они определяются приближенно по формуле , где Ту – продолжительность периода с устойчивым снежным покровом, n – число дней со снегопадами.

Произведено районирование территории бывшего СССР по снеговым нагрузкам. На ней выделено шесть районов по величине снеговой нагрузки Ро на горизонтальной поверхности (таблица 4.20).

Таблица 4.20 – Вес снегового покрова для различных районов СНГ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Районы | I | II | III | IV | V | VI |
| Вес, кгс/м2 | 50 | 70 | 100 | 150 | 200 | 250 |

К району I относятся южная часть ETР и Средняя Азия (южнее 50 с. ш.), а также западные области Белоруссии, Украины, Молдавии и Литвы. К районам II–III относятся территории средней полосы ETР и Западной Сибири, Восточная Сибирь, побережья морей Северного Ледовитого океана, центральные и восточные области Беларуси. К району V относятся Северо-западное Предуралье, территория вдоль среднего и нижнего течения Енисея, о. Сахалин и Курильские острова, западная часть Камчатки. Наибольшие снеговые нагрузки наблюдаются на восточном побережье Камчатки (район VI).

Коэффициент перегрузки (n) для снеговой нагрузки на покрытия принимается в зависимости от отношения нормативного собственного веса покрытия q к нормативному весу снегового покрытия Ро (таблица 4.21).

Таблица 4.21 – Коэффициент перегрузки в зависимости от q/Pо

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| q/Po | >1,0 | 0,8 | 0,6 | <0,4 |
| N | 1,40 | 1,50 | 1,55 | 1,60 |

***4.4. Особенности исследований, связанных с получением показателей для строительных норм и правил***

Решение задачи о получении специальных климатических показателей можно разбить на следующие этапы:

1. изучение влияния метеорологических условий на тот или иной объект и определение климатических показателей, которые позволяют наилучшим образом учесть это влияние при проектировании;
2. разработка метода расчёта специализированных показателей на основе характеристик климата, содержащихся в справочниках, или путём специальной обработки данных метеорологических наблюдений;
3. проведение статистико-климатологической обработки;
4. составление рекомендаций по практическому использованию полученных показателей.

Изучение влияния метеорологических условий на различные объекты осуществляется путём постановки экспериментов в лабораториях, с помощью натурных наблюдений в естественных условиях и путём физического анализа влияния различных метеорологических факторов на тот или иной объект.

Один и тот же фактор климата в зависимости от обстоятельств может оказать как положительное, так и отрицательное воздействие даже на один и тот же объект.

В зонах жаркого и влажного климата ветер охлаждает помещения, улучшает их вентиляцию, сушит стены зданий. В зонах холодного климата ветер разрушает инверсию температуры, что приводит к повышению температуры в нижних слоях атмосферы, сдувает снег с покрытий, уменьшая снеговую нагрузку на них, уносит из города примеси, загрязняющие воздух.

Вместе с тем ветер с большой скоростью оказывает отрицательное воздействие. Так, ветровая нагрузка может разрушить сооружение, сильный ветер при морозах увеличивает охлаждение внутренних помещений, в районах с влажным и холодным климатом ветер способствует проникновению влаги в помещение.

При исследованиях должны быть установлены как положительные, так и отрицательные воздействия климата на тот или иной объект.

Учет влияния климата при проектировании на основе средних значений отдельных метеорологических элементов нельзя считать надежным, так как сами по себе средние значения наблюдаются редко, а обеспеченность значений, превосходящих среднюю величину, соответствует не более 50 %.

Разработка методов получения показателей, обработка метеорологических наблюдений, анализ полученных результатов, т. е. второй и третий этапы климатологических исследований прикладного характера, должны выполняться климатологами.

Завершающий этап исследований в области строительной климатологии заключается в обобщении полученных результатов и внедрении их в практику.

**Глава 5. Авиационная климатология**

***5.1. Особенности и задачи авиационной климатологии***

Авиационная климатология имеет ряд существенных особенностей. Она отличается от других ответвлений прикладной климатологии тем, что охватывает не только интересующие авиацию приземные климатические факторы, но и рассматривает климатические характеристики свободной атмосферы до требуемых высот.

До появления реактивных самолетов, удовлетворялись данными в пределах тропосферы. Затем авиацию начала интересовать тропопауза и нижняя стратосфера.

В настоящее время большое внимание уделяется ветровому и температурному режиму в нижней стратосфере в связи с вводом в эксплуатацию сверхзвуковых самолетов. Особенно интересны непериодические стратосферные потепления, а также сезонная смена стратосферной циркуляции и связанные с ней изменения теплового режима, отклонение средних температур на разных уровнях от стандартных значений. Это имеет большое значение, поскольку летно-технические данные самолетов, характеристики авиадвигателей и показания ряда приборов (барометрический высотомер, указатель воздушной скорости, вариометр) относятся к условиям стандартной атмосферы.

Исходными данными для получения высотных климатических характеристик могут быть данные радиозондирования, самолетного зондирования атмосферы, карты барической топографии, фотоснимки распределения облачных полей.

Структура авиационно-климатического описания должна быть подчинена требованиям авиации, а расположение материала должно обеспечивать возможность быстрого составления авиационно-климатической справки. Поэтому авиационно-климатическое описание также строится по периодам времени, а не по метеовеличинам.

Авиационно-климатические характеристики следует связывать с атмосферными процессами, типами атмосферной циркуляции и местными особенностями. Поэтому, приводя характеристики важных для авиации явлений, надо дополнить их данными о повторяемости типов синоптических положений, при которых возникают рассматриваемые явления.

Иногда на повторяемости метеорологических величин появлений погоды существенно сказываются местные факторы, влияние которых накладывается на влияние макромасштабных процессов.

Например, построенное вблизи аэропорта водохранилище, загрязненность воздуха промышленными предприятиями, наличие вблизи аэропорта заболоченной местности, большой реки, озера могут увеличить повторяемость малой видимости. Близость возвышенностей или большого города может создать местную циркуляцию, способствовать образованию сдвигов ветра.

Авиационно-климатическое описание должно быть конкретным и наглядным. Следует четко указывать границы района, участков трассы, а также высоты, к которым относятся приводимые в описании данные.

***5.2. Влияние климатических условий на деятельность авиации***

Изменчивость погоды влечет необходимость четкого метеорологического обеспечения каждого полета. Климатические данные вследствие относительного постоянства климата определенного района или определенной авиатрассы не требуются при обеспечении отдельных полетов. Зато они необходимы при планировании рейсов на сезон, выборе типа самолета для полетов по определенной трассе в заданных климатических условиях, оценке условий посадки на разных аэродромах, при планировании сельскохозяйственных и строительных работ, ледовой разведки, проектировании аэропортов.

На разные виды деятельности авиации климатические условия оказывают разные влияния.

*Воздушные перевозки на местных авиатрассах.* Местные авиатрассы отличаются малой протяженностью. Полеты по этим трассам производятся на самолетах легкого типа по правилам визуального полета, без захода в облака. При сплошной или значительной облачности и при посадочных условиях ниже установленных минимумов для данных аэропортов и для эксплуатируемых типов самолетов полеты не производятся. Поэтому районы с большой повторяемостью низкой облачности более 6–7 баллов отличаются повышенной повторяемостью нарушений регулярности полетов.

Эксплуатация легкомоторных самолетов затрудняется в районах с большой повторяемостью сильных ветров. Сильный встречный ветер на трассе может существенно уменьшить путевую скорость и увеличить продолжительность полета. Сильные боковые ветры также неблагоприятны. Они создают большие углы сноса.

Легкомоторные самолеты особенно чувствительны к сильным и порывистым ветрам во время снижения, выравнивания и посадки, а также на стоянке. Полеты легкомоторных самолетов ограничиваются также наличием осадков, ухудшающих видимость на трассе и влекущих обледенение, и туманом.

Для рейсовых полетов на местных воздушных линиях неблагоприятна циклоническая деятельность, поскольку с ней связана большая повторяемость низкой облачности, малой видимости, сильных ветров, летом гроз, зимой условий возможного обледенения.

Неблагоприятные условия для полетов на местных воздушных линиях могут быть связаны не только с циклонической деятельностью. Частые радиационные туманы на трассах могут нарушать регулярность полетов при наличии антициклона или гребня.

Авиационно-климатические характеристики, интересующие легкомоторную авиацию, приведены в таблице 5.1.

*Воздушные перевозки на линиях средней и большой протяженности.* Полеты выполняются на магистральных самолетах на больших высотах по Правилам полета по приборам.

Облачность на трассе не является препятствием для полета, который может производиться в облачном слое. Исключение представляют кучево-дождевые облака, заходить в которые запрещается, а обход этих облаков надо выполнять с соблюдением установленных правил.

Ветер в полете обычно оказывает на средние и дальние магистральные самолеты меньшее влияние, чем на самолеты с малой воздушной скоростью. Однако, когда полет совершается в струйных течениях, отношение скорости ветра к воздушной скорости самолета может быть примерно таким же, какое наблюдалось обычно при полетах тихоходных самолетов в нижней тропосфере.

*Таблица 5.1. – Климатические характеристики используемых в авиации метеорологических величин*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Категория самолетов | Метеорологические величины, явления, состояние ВПП и грунта | Климатические характеристики | |
| Для самолетов всех категорий | Взлет и посадка | | |
| 1. Сложные условия для взлета и посадки: малая видимость по любым причинам и (или) малая высота облачности (ниже установленных для данного аэропорта минимумов) | | 1. Повторяемость в процентах по месяцам  2. Повторяемость периодов сложных условий разной продолжительности  3. Повторяемость синоптических положений, влекущих сложные условия |
| 2. Ветер в слое 0–200 м | | 1. Повторяемость направлений в процентах  2. Повторяемость скоростей разных градаций |
| Для самолетов всех категорий | 2. Ветер в слое 0–200 м | | 3. Повторяемость больших скоростей разных градаций при больших углах скоса |
| 3. Плохое состояние ВПП (гололед, снег, талый снег, вода) | | 1. Среднее число случаев  2. Средняя продолжительность периода |
| Для легкомоторных самолетов | 4. Непригодное состояние грунтового аэродрома | | 1. Средние и крайние даты начала и окончания распутицы |
| Для самолетов и вертолетов всех категорий | Выполнение полета | | |
| 1. Ветер | | 1. Повторяемость направлений  2. Повторяемость скоростей разных градаций |
| 2. Грозы | | 1. Общая повторяемость гроз (месяцы и сезон)  2. Суточный ход повторяемости гроз  3. Повторяемость турбулентности разной интенсивности |
| 3. Град | | 1. Среднее число случаев по месяцам |

Продолжение таблицы 5.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категория самолетов | Метеорологические величины, явления, состояние ВПП и грунта | Климатические характеристики |
| Для самолетов и вертолетов всех категорий | 1. Облачность  2. Условия возможного обледенения | Повторяемость высот низкой облачности разных градаций при N > 4 баллов по месяцам  1. Повторяемость комплекса капельно-жидкая облачность и от-рицательная температура по месяцам |
| Для самолетов и вертолетов всех категорий | 2. Условия возможного обледенения | 2. Средняя высота изотерм 0, –10, – 20° по месяцам |
| Для турбовинтовых и реактивных до- и сверхзвуковых самолетов | 1. Турбулентность в ясном небе | 1. Повторяемость турбулентности разной интенсивности на основных эшелонах  2. Повторяемость зон турбулентности разной протяженности на основных эшелонах |
| 2. Струйные течения | 1. Повторяемость  2. Средняя высота оси  3. Средняя, вертикальная протяженность  4. Средние, вертикаль-ные и горизонтальные сдвиги ветра |
| Для сверхзвуковых самолетов | 1. Температура | 1. Распределение средних месячных температур на поверхностях, 100, 50 и 30 мбар  2. Климатические карты отклонений температур от стандартных значений на поверхностях 100, 50 и 30 мбар  3. Вертикальные профили средних месячных температур |

Продолжение таблицы 5.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категория самолетов | Метеорологические величины, явления, состояние ВПП и грунта | Климатические характеристики |
| Для самолетов и вертолетов всех категорий | Самолеты на стоянке | |
| 1. Условия возможного обледенения на земле, (резкие колебания температуры, дождь, снег) | 1. Среднее число случаев по месяцам или за сезон |
| 2. Штормовой ветер, шквалы | 1. Повторяемость больших скоростей разных градаций по месяцам  2. Повторяемость преобладающих направлений при больших скоростях  3. Среднее число шквалов |
|  | Метеорологические величины | Климатические характеристики |
| Оценка климатических условий будущего аэропорта | Подробный климатический обзор условий взлета и посадки, эксплуатации самолетов на земле, эксплуатации ВПП с учетом особенностей намечаемых к эксплуатации типов самолетов | |
| Строительство ВПП и аэродромных сооружений | 1. Температура воздуха | 1. Годовой ход средних месячных температур  2. Абсолютные и средние максимумы и минимумы (годовой и месячные) |
| 2. Температура почвы | 3. Годовой ход средних месячных температур на поверхности и глубинах |
| Строительство ВПП и аэродромных сооружений | Ветер | 4. Розы ветров: обычная, совмещенная, развернуто-совмещенная разностная, скоростная |
| Осадки | 5. Годовой ход средних месячных сумм осадков  6. Число дней с осадками разных градаций |
| Снежный покров | 7. Средняя высота по месяцам |
| Эксплуатация грунтового аэродрома | Осадки | Средние и максимальные годовые и месячные суммы осадков |

Продолжение таблицы 5.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Проектирование, строительство и эксплуатация аэропортов | Метеорологические величины | Климатические характеристики |
| Эксплуатация грунтового аэродрома | Снежный покров | 1. Средняя высота снежного покрова по месяцам  2. Продолжительность устойчивого снежного покрова  3. Средние и крайние даты начала и конца залеганий устойчивого снежного покрова |
| Состояние грунта | Средние и крайние даты начала и окончания весеннего и осеннего размокания аэродрома |

Поэтому климатические характеристики струйных течений представляют большой интерес для современной авиации.

Неблагоприятными климатическими условиями для полётов средней и большой протяженности являются также большая повторяемость гроз на авиатрассе и условий ниже установленных минимумов в пунктах посадки.

Грозы бывают обычно при прохождении атмосферных фронтов, особенно холодных, или окклюзий по типу холодного фронта в теплое время года днем или при сильном развитии конвекции в антициклонах и гребнях. Сложные условия для посадки также связаны с фронтами или с сильным ночным выхолаживанием. Капли дождя и особенно градины при сверхзвуковой скорости самолета пробивают его обшивку.

Важным климатическим фактором может быть преобладание у земли высоких температур в сочетании со слабым ветром и пониженным давлением или преобладание низких температур с сильными ветрами.

Для сверхзвуковых самолетов важны климатические характеристики вертикального распределения температуры, режима температуры в нижней стратосфере, турбулентности в ясном небе, дождя и особенно града.

Расход топлива увеличивается в полете при повышении температуры окружающего воздуха. Особенно неблагоприятны для полетов сверхзвуковых самолетов стратосферные потепления.

Эксплуатации сверхзвуковых транспортных самолетов благоприятствуют климатические условия, характеризуемые небольшой повторяемостью рассмотренных вредных факторов.

Рейсовые полеты на международных воздушных линиях производятся на больших высотах. Ввиду большой протяженности международных воздушных линий в каждом рейсе самолет пересекает зоны с разными климатическими условиями. Для планирования, таких полетов нужны климатические данные, аналогичные используемым для внутренних воздушных перевозок по авиатрассам большой протяженности.

Но вместе с тем на международных линиях приходится выполнять требования Международной организации гражданской авиации в отношении обеспечения климатическими данными. Поэтому в международных аэропортах должны быть климатические данные, составленные по специальным формам.

*Другие виды деятельности авиации.* Кроме перевозки пассажиров и грузов авиация выполняет много других важных задач. К ним относятся обслуживание сельского хозяйства, выполнение ледовой разведки, аэрофотосъемочных работ, использование вертолетов для строительных работ и другие.

Все эти виды деятельности авиации зависят в той или иной степени от климатических условий. Например, для полярной авиации особенно важны климатические характеристики видимости, низкой облачности, ветра, температуры и осадков. Большая повторяемость условий для посадки ниже установленных минимумов лимитирует летную работу. Сильные ветры, метели, снегопады, резкие колебания температуры создают дополнительные трудности при эксплуатации авиационной техники на земле и требуют дополнительных усилий для обеспечения сохранности самолетов на стоянке.

Используя вертолеты для строительных работ, следует помнить, что изменение температуры воздуха на 10° изменяет грузоподъемность вертолета в среднем на 12–14%.

*Проектирование, строительство и эксплуатация аэропортов.* При выборе места для строительства нового аэропорта руководствуются обычно политическими и экономическими соображениями и учитывают географические, топографические и климатические особенности, которые не являются решающими, но все же могут иметь большое значение. Необходимо знать, в каких условиях будет происходить эксплуатация будущего аэропорта.

Географические особенности могут существенно повлиять на мезоклиматические условия. Например, близость гор или берега моря иногда ограничивает возможные направления взлета и посадки.

Ветровой режим определяет выбор направления ВПП. Коэффициент ветровой загрузки рассчитывается по годовой повторяемости ветров разной скорости по направлениям в данном пункте. При этом исходят из допустимых боковых скоростей ветра 8–10 м/с, а для аэропортов низшего класса – 6 м/с.

Для оценки использования встречного ветра для увеличения взлетного веса самолета необходимы данные о повторяемости скоростей продольных составляющих ветра разных градаций.

Для расчета загрузки ВПП и вероятности превышения скорости продольной составляющей ветра заданного значения используют развернутые и совмещенные розы ветров. При значительной высоте аэропорта над уровнем моря приходится считаться с пониженным давлением на уровне ВПП. Если пониженное давление на аэродроме совпадает с высокой температурой, особенно при слабом ветре, то эти условия приведут к необходимости уменьшения взлетного веса.

Длина взлетно-посадочной полосы, рассчитанная для эксплуатации в нормальных условиях, может оказаться недостаточной, если имеются резкие отклонения плотности воздуха от расчетной.

Длина ВПП определяется с учетом возможных отклонений плотности воздуха у земли от стандартной. Устанавливаемая по летно-техническим соображениям длина ВПП относится к условиям стандартной атмосферы. При проектировании аэропорта в установленную длину ВПП вводят поправки на температуру, давление и влажность воздуха.

Для введения поправок на температуру и давление рассчитываются поправочные коэффициенты (кtр) для самолетов с поршневыми и турбореактивными двигателями соответственно по формулам

 и 

В этих формулах t u p – расчетные температуры (°С) и давления (мм рт. ст.) воздуха, кразб–коэффициент, учитывающий изменение тяги двигателей в зависимости от скорости при разбеге,  – относительная тяга двигателей на 1 кг взлетного веса, f – коэффициент, характеризующий силу сопротивления качению колес,  – параметр, зависящий от конструкции турбокомпрессора.

Принимается, что , где t13 – средняя температура воздуха самого теплого месяца в 13 ч, а р = рст на высоте проектируемого аэропорта над уровнем моря.

При строительстве ВПП учитываются суточные и годовые колебания температуры воздуха для предотвращения образования трещин и последующего разрушения бетонных плит.

*Обеспечение надежной эксплуатации аэропорта.* Проектировщикам аэропорта надо заранее знать, в каких условиях будет эксплуатироваться этот аэропорт. Особенно важна оценка опасных и неблагоприятных явлений. К таким явлениям можно отнести туманы продолжительностью в несколько суток, дезорганизующие работу аэропорта и влекущие большие убытки; шквалы, могущие опрокинуть, повредить или даже привести в негодность самолеты; грозы, гололед, сильные снегопады, влекущие необходимость быстрой расчистки ВПП.

Ответы на поставленные вопросы могут дать климатические данные, полученные по наблюдениям ближайших, репрезентативных для данного района метеостанций.

***5.3. Обеспечение авиации климатическими данными***

*Авиационно-климатические характеристики метеороло-гических величин.* При описании климатов пользуются разными климатическими характеристиками или, показателями. Наиболее важными из них являются следующие: 1) средние значения метеорологических величин; 2) среднее число случаев метеорологического явления или среднее число дней с явлением; 3) абсолютное и среднее максимальное и минимальное значение метеорологической величины; 4) повторяемость разных значений или градаций метеорологических величин или явлений; 5) обеспеченность, т. е. вероятность превышения или непревышения заданного значения метеорологической величины; 6) изменчивость (дисперсия) метеорологической величины, т. е. размах колебаний ее значений около средней величины; 7) период возврата явления или значения метеорологической величины; 8) средние даты наступления (или окончания) явления; 9) средние даты установления и разрушения устойчивого снежного покрова, начала и окончания безморозного периода, устойчивого перехода температуры через 0°, и другие; 10) стандартные отклонения от среднего значения.

Для оценки условий полета и посадки самолетов и вертолетов используют главным образом повторяемости, среднее число дней с явлениями, максимумы и минимумы метеорологических величин, средние и крайние даты интересующих авиацию периодов, например периода весеннего (осеннего) размокания грунтового аэродрома, средний эквивалентный ветер.

Некоторые авиационно-климатические характеристики, широко применявшиеся ранее, теперь потеряли свое прежнее значение в связи с происшедшими в авиации изменениями, а вместе с тем и с. изменившимися требованиями к климатологии. Устарели такие характеристики, как среднее число дней с туманом, среднее число ясных, полуясных и пасмурных дней. Прежде туман считался в известной мере критерием возможности или невозможности посадки. Теперь возможность посадки ограничивает не туман (видимость V<1 км), а установленный минимум погоды для аэропорта, типа самолета и подготовки летчика. Иногда посадка допускается при наличии тумана, например, в некоторых международных аэропортах при условиях I или II категории (т. е. при F=800 м или 1/=400 м), а иногда посадка не допускается и в тех случаях, когда отсутствует туман (например, при К=1800 м, если минимум V–2000 м).

Для реактивных и турбовинтовых самолетов в полете облачность не имеет прежнего значения, имеет значение только наличие Сb. Поэтому теперь такие характеристики, как повторяемость ясного, полуясного и пасмурного неба представляют интерес главным образом для летчиков, летающих на легкомоторных самолетах. Важной характеристикой осталась повторяемость низкой облачности, если высота менее установленного минимума и покрытие неба более 5 баллов.

Появились новые характеристики, которых не было раньше, например, протяженность зон турбулентности, повторяемость болтанки разной интенсивности, отклонение средних температур от стандартных значений, средний эквивалентный ветер. Вместо среднего числа дней с туманом теперь приводят повторяемость сложных условий для посадки (в часах по отношению к общему числу наблюдений).

Кроме климатических характеристик отдельных величин используются характеристики комплексов. Одним из наиболее важных комплексов является повторяемость сложных условий для посадки: ограниченная видимость (по любой причине) и низкая облачность, когда ее высота ниже установленных минимумов. Другим важным для авиации комплексом является критическая для посадки скорость ветра при разных углах скоса.

В качестве третьего комплекса можно указать на условия возможного обледенения самолетов (наличие капельно-жидкой облачности в сочетании с отрицательной температурой или переохлажденным дождем). Важной климатической характеристикой для авиации является повторяемость гроз и грозовых периодов разной продолжительности.

***5.4. Содержание авиационно-климатического описания района аэропорта и авиатрассы***

Авиационно-климатические описания обычно содержат три раздела: 1)  физико-географический обзор, 2) общие черты климата и 3) авиационно-климатическую характеристику сезонов.

В физико-географическом обзоре авиационно-климатического описания аэропорта приводятся сведения, необходимые для лучшего понимания последующих разделов и вместе с тем представляющие интерес для авиации. В этом разделе обычно кратко рассматриваются следующие вопросы: 1) общее положение и границы рассматриваемого района радиусом 100–200 км; для показа преобладающих атмосферных процессов целесообразно рассмотреть более обширный район; 2) рельеф; 3) гидрография; 4) почвы и растительность; 5) влияние указанных факторов на климат.

Все эти факторы надо излагать с точки зрения их значимости для авиации; например, излагая особенности рельефа, надо указать высоты над уровнем моря, охарактеризовать рельеф в отношении визуальной ориентировки и возможности выбора места для вынужденной посадки и влияния на погоду. Не следует делать пояснения, не имеющие отношения к авиации.

Гидрографические данные, как и рельеф, представляют интерес, поскольку они влияют на мезоклиматические условия и являются хорошими ориентирами. Например, большие реки хорошо видны с высоты.

Почвы следует оценивать в отношении их способности размокать после сильных дождей и просыхать после схода снежного покрова. Это важно в отношении эксплуатации грунтовых аэродромов, а также проходимости грунтовых и проселочных дорог.

Растительность определяет общий облик ландшафта и его изменчивость от сезона к сезону.

Излагая физико-географический обзор авиатрассы, следует рассматривать те же вопросы для полосы шириной 100–200 км. При наличии гор, озер, больших рек за пределами этой полосы, но видных с высот используемых эшелонов, о них также необходимо сказать, указав их навигационное значение.

В разделе «Общие черты климата» обычно освещаются три вопроса: типичные для данного района черты атмосферной циркуляции, определяющие общий фон погодных условий, климатическое районирование и общая характеристика климатических величин.

В этом разделе рассматриваются общие закономерности и сезонные колебания атмосферной циркуляции как для районов аэропорта, так и для авиатрассы.

Единого шаблона изложения атмосферной циркуляции не существует. Можно указать на два более распространенных шаблона: во-первых, описание наиболее типичных в данном районе или на данной авиатрассе синоптических положений, связанных с определенными типами погоды и, во-вторых, показ повторяемости типов атмосферной циркуляции и типичных для них авиационно-климатических характеристик.

В холодное время года в связи с усилением циклонической деятельности по сравнению с теплым периодом значительно увеличивается повторяемость сложных условий для выполнения полета по трассе и посадки в ее конечных пунктах. Обострению фронтов и развитию циклонов способствуют контрасты температуры, возникающие за счет вторжения холодного воздуха с Северной Атлантики или притока теплого воздуха из Африки.

Заметное влияние на условия полета вдоль трассы оказывают циклоны. Прохождение холодного фронта сопровождается образованием облаков вертикального развития, иногда с интенсивными ливнями.

Климатическое районирование дается в авиационно-климатических описаниях при наличии на рассматриваемой территории существенных для авиации климатических различий.

Отсутствие методики и необходимых данных для авиационно-климатического районирования вынуждает пользоваться обычным районированием.

При изложении подраздела «Общая характеристика элементов климата» надо показать закономерность территориального и временного (годовой ход) распределения, основных климатических характеристик в данном районе. Здесь целесообразно представить годовой ход повторяемостей низкой облачности (например, h<200 м) и малой видимости, сильных ветров, среднего числа дней с различными явлениями погоды, средних месячных и экстремальных температур, средних месячных сумм осадков. Эти данные необходимо изложить кратко, приводя таблицы и графики, в целях сравнения отдельных месяцев и сезонов между собой.

*Авиационно-климатические характеристики сезонов.* Для удобства пользования климатическими описаниями, справочниками, материал должен быть изложен по периодам времени (по сезонам или месяцам), а не по метеорологическим величинам. Поэтому основной, наиболее обширный раздел авиационно-климатических описаний (справочников) рекомендуется излагать по календарным сезонам, детализируя их по месяцам.

В рамках каждого месяца (и сезона в целом) надо приводить климатические характеристики метеорологических величин.

В авиа-климатических характеристиках сезонов сначала указываются типичные для данного сезона особенности атмосферных процессов. Затем приводятся приземные и высотные климатические характеристики, важные для каждого месяца, сезона и для всего года в целом.

Поскольку важных для авиации климатических элементов и явлений много и каждый из них может быть представлен несколькими характеристиками, то составление климатического описания в полном объеме очень трудоемко. Иногда отдельным специалистам поручается выполнение части этой работы. В таких случаях отбор метеовеличин, характеристик и продолжительности рядов наблюдений производится составителями с учетом располагаемых возможностей.

*Изложение текста, графики, карты.* Изложение текстовой части авиационно-климатического описания должно отвечать требованиям, предъявляемым к любой научной работе.

*Структура работы.* Прежде всего должен быть хорошо продуман план работы, т. е. последовательный перечень названий разделов и подразделов. В зависимости от объема авиационно-климатической работы она может быть одноступенчатой, двухступенчатой (обычно главы и параграфы), трехступенчатой (главы, параграфы и подпараграфы или разделы, главы, параграфы) и т. д.

Небольшие работы имеют обычно одноступенчатую рубрикацию. Более крупные авиационно-климатические работы обычно имеют двух- или трехступенчатую рубрикацию. При этом заголовки третьей ступени (подпараграфы) не обязательно имеются в каждом параграфе каждой главы.

Изложение текста должно быть последовательным. Нельзя об одном вопросе говорить в разным местах, возвращаться к вопросу, который уже затрагивался раньше.

Для пояснения текста в климатических работах приводятся иллюстрации и таблицы. Иллюстрациями могут быть графики, технические рисунки, схемы, карты, фотоснимки.

Простые зависимости, которые можно легко и кратко изложить в тексте, не требуют пояснения графиком. Рисунок необходим, когда надо избежать в тексте длинного или сложного объяснения или перечисления. Таблицы имеют сквозную нумерацию. Заголовок таблицы должен объяснять, что означают стоящие в таблице числа и какова их размерность.

Не следует делать неопределенные заголовки таблиц. Большие таблицы могут быть вынесены, в приложение.

Приложениями могут быть графики, схемы, карты, фотоснимки, таблицы. Одно приложение (например, большая таблица) может занимать несколько страниц. Приложения имеют свою нумерацию независимо от нумерации рисунков и таблиц в тексте.

Климатические графики дают возможность наглядного изображения закономерностей временного или пространственного распределения климатических характеристик характера связи между климатическими элементами.

В климатических описаниях, справочниках, монографиях, статьях и других источниках, содержащих авиационно-климатические данные, имеется большое разнообразие графиков. Их можно свести к нескольким типам:

1. Графики, связывающие две переменные величины, например повторяемость (Р) какого-либо явления как функцию времени (t).

Такие графики используют для показа годового или суточного хода повторяемости явления или значений (градаций) метеовеличин.

По оси абсцисс откладываются месяцы или часы суток, а по оси ординат повторяемости или средние температуры (°), значения осадков (мм), скорости ветра (м/с) или (км/ч) и т. д. Графики такого типа используются также для изображения изменений значений метеорологического элемента от высоты (h), например, u = f ( h ) , где и скорость ветра.

2. Графики вида P = f(t, Т), связывающие три переменные величины, например повторяемость сложных условий для посадки (в процентах) в зависимости от месяца года (абсцисса) и времени суток (ордината). К этому типу графиков относятся вертикальные разрезы температуры, скорости ветра или иной метеорологической величины. По оси абсцисс на таких графиках откладывают обычно расстояния, градусы широты или долготы, а по оси ординат – высоту.

3. Графики, характеризующие зависимость метеорологических величин или явлений от направления ветра. Такие графики называются климатическими розами. К ним относятся розы ветров , где  – повторяемость ветра, направление которого ; термические розы , где  – средняя температура; розы туманов , где  – повторяемость туманов. Для авиации представляют интерес не только обычные розы ветров, но также совмещенные, развернуто-совмещенные и скоростные.

Для характеристики климатических условий в некотором пункте, районе или на отрезке авиатрассы применяются комплексные графики. На них изображается несколько климатических характеристик для какого-нибудь месяца или сезона или дается годовой ход средних месячных значений метеорологических элементов. На таких графиках должны быть отражены наиболее важные для авиации климатические характеристики: повторяемости условий погоды ниже установленных для данного аэропорта минимумов, опасных явлений, сильных ветров, струйных течений, разных высот тропопаузы, совмещенной и скоростной розы ветра и среднее вертикальное распределение температуры.

Климатические карты служат для показа территориального распределения повторяемостей авиационно-климатических характеристик метеорологических величин или их средних значений. В качестве примера можно указать на карты повторяемости (%) зон возможного обледенения в облаках при температуре от 0 до – 10°, на карты отклонения средних суточных температур от стандартных значений.

Вырезка форматки карты должна быть произведена так, чтобы средний меридиан был перпендикулярен к основанию карты. На рисунке 5.1 показаны правильная (сплошной линией) и неправильная (прерывистой линией) вырезка карты.



**Рис. 5.1. *Вырезка карты: (\_\_\_\_\_ –правильная, – - - - –неправильная)***

На климатических картах могут быть показаны климатические области, районы и подрайоны с разной степенью благоприятности (или сложности для воздушных перевозок или для других видов деятельности авиации). На этих же (или на отдельных) картах проводят изолинии повторяемости опасных явлений или важных параметров, например средних значений эквивалентного ветра.

Получили также распространение карты-диаграммы и комплексные карты.

*Составление авиационно-климатических справок.* Авиационно-климатические справки составляются специалистами АМСГ или других учреждений ГМС по требованию руководящего-, летного или технического состава, а также органов, занимающихся проектированием и строительством аэропортов.

Назначение авиационно-климатической справки заключается в том, чтобы дать быстрый и четкий ответ на возникшие вопросы, связанные с учетом или использованием климатических особенностей в данном месте в течение определенного периода времени.

Обычно авиационно-климатические справки составляются на месяц или сезон для района аэропорта или участка авиатрассы.

Справка должна удовлетворять следующим требованиям: 1) она должна быть составлена быстро, 2) отличаться краткостью и. четкостью изложения текста и наглядностью приведенных графиков, 3) содержать все необходимые данные для ответа на возникшие вопросы.

Для составления авиационно-климатической справки могут быть использованы авиационно-климатическое описание и другие климатические данные.

***5.5. Обработка наблюдений применительно к требованиям авиации***

*Общие положения.* Обработка метеорологических наблюдений представляет собой сложный и трудоемкий процесс.

На АМСГ данные наблюдений заносятся на телетайпную перфоленту по метеорологическому коду КН-01.

Производится обработка следующих данных:

а) таблица первичных наблюдений (цифровые данные), зашифрованных по коду КН-01; б) основная итоговая таблица, содержащая данные о средних и экстремальных значениях давления, температуры, скорости ветра, числе часов с туманом и другими явлениями погоды за каждый срок наблюдений и за месяц; в) таблицы, согласно регламенту ВМО, по форме А (число часов с сочетаниями высоты облаков и видимости в определенных пределах), по форме В (распределение скоростей ветра по разным направлениям) и по форме С (повторяемость сложных условий погоды трех классов).

Указанная автоматизированная обработка климатических данных осуществляется в РВЦ или в других учреждениях, располагающих соответствующей техникой. Наряду с этим пока еще применяется (и, по-видимому, еще долгое время будет применяться) ручная обработка. Обычно к ней прибегают при необходимости выполнить работу небольшого объема, например получить авиационно-климатические характеристики двух-трех метеовеличин или явлений за отдельные месяцы и при продолжительности ряда наблюдений в несколько лет.

Прежде всего, приступая к обработке данных, следует решить, какую продолжительность рядов наблюдений надо использовать для выполняемой работы.

Практика составления авиационно-климатических описаний и справок показала, что с достаточной для нужд авиации точностью можно использовать ряды наблюдений в пять и более лет с последующим уточнением полученных характеристик через каждые пять лет.

Количество градаций (К) по каждой метеовеличине не должно быть слишком велико. Для обеспечения статистической достоверности оно должно удовлетворять уравнению К = 5 lgN, где N – число наблюдений. Если количество наблюдений невелико, целесообразно ради обеспечения статистической достоверности укрупнить градации, например, объединив ежечасные данные за трех или шестичасовые промежутки времени.

Выше было показано, что наиболее широко применяемая климатическая характеристика в авиационно-климатических описаниях и справках – это повторяемость. Она обычно выражается в процентах. Пользуясь такими данными, надо отчетливо представлять себе, по отношению к чему вычислены проценты.

Если проценты вычислены по отношению к общему числу наблюдений (например, в октябре за пятилетний период), то получена общая или абсолютная повторяемость. Если же проценты вычислены по отношению к общему числу случаев какого-либо явления или значения метеорологической величины, то получена частная или относительная повторяемость данного явления.

Частная повторяемость является детализацией общей повторяемости. Если общая повторяемость неизвестна, то частная повторяемость не имеет смысла. В таблице 5.2 показан пример соотношения между общей и частной повторяемостью (проценты с округлением) сильного ветра в апреле.

Таблица 5.2 – Соотношения между общей и частной повторяемостью

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Общая повторяемость | | | Частная повторяемость | | |
| Распределение общего числа наблюдений | ч | % | Распределение числа наблюдений с сильным ветром | ч | % |
| Общее число наблюдений (часов) | 720 | 100 | Общее число наблюдений с сильным ветром | 115 | 100 |
| Из них:  с сильным ветром  без сильного ветра | 115  605 | 16  84 | Из них  Ночью  Днем | 28  87 | 24  76 |

При расчете повторяемостей за единицу счета удобно брать час, однако возможно использование укрупненных величин: день, ночь или сутки.

*Исходные данные и производство выборок.* При выполнении климатических описаний исходными данными являются записи в книжках наблюдений (КМ-1), метеорологические таблицы (TM.-I), ежегодники наблюдений и климатические справочники и атласы. Иногда в качестве исходных данных используют приземные синоптические карты, карты барической топографии, аэрологические диаграммы.

Прежде чем приступить к выборке, надо установить продолжительность периода, за который будет производиться обработка данных, убедиться в пригодности записей наблюдений (карт). Первичные данные должны быть однородны, последовательны, без пропусков. Ошибочные записи или вызывающие сомнение должны быть изъяты. Это относится и к неувязкам или ошибкам на синоптических картах.

Для производства выборок необходимо сначала тщательно продумать, что надо выбрать в соответствии с намеченным планом работы, и подготовить таблицу для каждого месяца, который потребуется отразить в выполняемой работе. В таблице размечаются все дни месяца и все сроки наблюдений. В соответствующие клетки таблицы заносят условными знаками выбираемое явление.

Например, требуется произвести выборку случаев сложных условий для посадки ниже минимума V=1500 м и (или) H = 150 м для шести зим. Для каждого из указанных трех месяцев и каждого из шести лет готовится таблица, примерный образец которой приведен ниже (таблица 5.3).

Производится выборка случаев, когда V<1500 м и (или) H<150 м, при N>4 независимо от причины ухудшения видимости. К этим случаям будут отнесены все наблюдения с отметкой видимости 1500 м и меньше (из-за тумана, дымки, снегопада, метели) и все случаи с облачностью 150 м и ниже (при N>4) независимо от видимости.

Аналогично заполняются остальные подготовленные таблицы. Если выборки нужны для получения каких-либо характеристик по некоторому району, а не только по одному пункту, то в пределах этого района выбираются несколько точек и для них делаются такие же выборки за те же месяцы и за то же число лет.

Таблица 5.3 – Выборки случаев сложных условий посадки V<1500 м и (или) h<150 м

Февраль 1973

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дата | Видимость и высота | Сроки наблюдений | | | | | | | | | | | | Сутки, число случаев |
| 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | …. | 22 | 23 | 24 |
| 1 | V  H |  |  |  | 120 | 120 | 15 | =1000  150 | 1500  130 |  |  |  |  |  |
| 2 | V  H |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 500 | 500 |  |  |
| 3 | V  H |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | V  H |  | 130 | 800 | 600 | 600 |  |  |  |  | 1000  100 | 800  120 | 1200 |  |
| …. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 27 | V  H | 1200 | 1500 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 28 | V  H |  |  |  | 150 |  |  |  |  |  |  |  | 1000 |  |
|  | Сумма |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Количество пунктов, данные которых надо использовать, зависит от протяженности района, наличия метеорологических станций с рядами наблюдений требуемой длительности и от располагаемого времени для обработки.

*Обобщение выборок и расчет повторяемостей.* Когда закончена выборка данных, приступают к их обобщению. Оно обычно производится по следующим этапам:

1) выборки, произведенные для какого-либо месяца за отдельные годы, обобщаются по данному месяцу за все количество взятых лет;

2), месячные многолетние данные обобщаются по сезонам;

3) многолетние сезонные данные для какого-либо пункта обобщаются (если это требуется) по району, при этом используются многолетние месячные данные нескольких пунктов.

*Обобщение данных отдельных лет за весь период.* Имеется шесть таблиц выборок сложных условий для посадки (V<1500 и (или) h<150 м) за декабрь с 1967 по 1972 г. Требуется обобщить эти данные за шесть лет. Для этого составляют таблицу, в которую записывают последние строчки из таблиц выборок.

Затем подсчитывают суммы случаев за каждый срок наблюдения и за сутки (за шесть лет в декабре). Эти суммы записывают в строку суммы.

Далее производится расчет общих повторяемостей для каждого срока и за сутки. Для этого кроме имеющихся в таблицах выборок данных о числе наблюденных случаев за каждый срок и за сутки надо еще знать число возможных случаев Ni (i – срок наблюдения). Для каждого срока оно будет 31 (день) X 6 (лет) = 186 (в каждый срок производилось наблюдение один раз в сутки). Для суток число возможных случаев, т. е. общее число наблюдений, N–24 (часа) Х 31 (день) Х 6 (лет) =4464.

Общая повторяемость для каждого срока (Рi) определяется по формуле , а для суток 

*Обобщение по сезонам.* Для обобщения полученных месячных повторяемостей за сезон (за теплое или холодное полугодие или вообще какой-либо период) составляют таблицу. В нее заносят данные за каждый месяц (число случаев), складывают и полученные суммы вписывают в строку «Сезон». Повторяемость за сезон (Рсез) рассчитывают по той же формуле, но за значение N берут число наблюдений за то же число лет, но уже не за 31, а за 90 дней.

*Обобщение по району.* Иногда возникает необходимость оценки климатических условий не только в отдельных пунктах, но и по некоторому району в целом, по авиатрассе или ее отдельным участкам. Для этого данные отдельных пунктов обобщаются по площади или трассе. Это можно выполнить, во-первых, путем арифметического осреднения рассчитанных значений для отдельных точек и, во-вторых, путем картографирования.

В первом случае получают среднее число дней с каким-либо явлением (с грозой, градом, струйным течением), среднее значение метеорологической величины (например, среднюю скорость эквивалентного ветра по маршруту для полета туда и обратно) или среднюю повторяемость тех или иных условий по месяцам или сезонам.

Во втором случае месячные или сезонные повторяемости или иные характеристики наносят на бланк карты и проводят изолинии или используют иные приемы графического изображения преобладающих типов погоды на трассе.

Полученные климатические характеристики по району или трассе в виде таблиц, графиков или карт дают возможность, во-первых, оценить влияние климатических условий на выполнение поставленных перед авиацией задач и, во-вторых, сравнивать степень благоприятности в климатическом отношении для деятельности авиации разных районов или участков авиатрасс.

Общая повторяемость важных для авиации явлений, значений отдельных метеорологических величин или их комплексов дает возможность судить, в какой мере они затрудняют взлет и посадку в данном аэропорту или выполнение полетов в данном районе.

Общая повторяемость отвечает и на ряд важных вопросов: какая доля продолжительности месяца не пригодна для выполнения посадки, как часто на трассе бывают грозы, струйные течения, умеренная или сильная турбулентность, условия возможного обледенения и т. д.

Однако для получения исчерпывающего ответа на подобные вопросы одной общей повторяемости иногда бывает недостаточно.

Например, в аэропорту общая повторяемость сильных ветров у земли равна 16%. Следовательно, в течение месяца набирается 115 ч., когда по условиям ветра затрудняется посадка. Необходимо, кроме того, знать на какое время суток приходятся случаи сильного ветра. Если они бывают главным образом ночью, когда полетов меньше, значимость их невелика. Если же они наблюдаются преимущественно днем, когда выполняется большинство рейсов, то ветровые условия будут оказывать существенное влияние на выполнение посадок.

Для ответа на этот вопрос надо выяснить, как распределяется общее число случаев сильного ветра по часам суток. Иначе говоря, надо вычислить частные повторяемости сильных ветров в разные часы суток по отношению к их общему числу.

*Обработка данных наблюдений отдельных метеорологических величин.* Основной климатической характеристикой метеорологических величин и явлений, представляющих интерес для авиации, является, как было показано выше, повторяемость.

*Видимости и высота нижней границы облачности.* Кроме дальности видимости и высоты нижней границы облаков отдельно повторяемости видимости и высоты низкой облачности.

Градации для этого всегда берутся односторонние в соответствии с установленными для данного аэропорта минимумами. Например, для видимости могут быть выбраны градации меньше 2000, 1500, 1000, 800 и 400 м, а для высоты облачности меньше 300, 200, 150, 100, 60 и 30 м.

Поскольку минимумов много и дать климатические характеристики для каждого из них практически невозможно, выбирают небольшое число наиболее типичных минимумов.

Сумма повторяемостей видимости P(V) и высоты облачности P(h) для некоторого минимума П = P(V) + P(h) может быть использована для приближенного расчета повторяемости комплекса Р(М), характеризующего данный минимум. Если П<40°/о, то Р(М) =0,87 П.

*Ветер.* Повторяемость направлений ветра рассчитывается обычно для 8 или 16 румбов.

По рассчитанным повторяемостям направления ветра строят розы ветров.

а) Поскольку взлет и посадка с каждой ВПП производится с двух противоположных направлений, можно рассчитать суммарные повторяемости этих двух направлений и по ним построить совмещенную розу ветров.

б) Затем по данным суммирования строится совмещенная роза ветров. Если построить по суммарным повторяемостям противоположных румбов совмещенную розу ветров в прямоугольной системе координат, то получается развернутая совмещенная роза ветров.

Бывает необходимость знать распределение повторяемостей направлений ветра по градациям скорости. Для этого рассчитывают повторяемости сочетаний направления и скорости ветра. По этим данным строится скоростная роза ветров.

Для получения среднего (результирующего) вектора ветра используются формулой , где  – модуль суммы векторов ветра, n – число наблюдений.

Направление суммарного вектора ветра является направлением результирующего ветра.

Направление суммарного вектора ветра является направлением результирующего ветра.

Для выполнения расчёта по указанной формуле надо, во-первых, по данным ветрового зондирования получить векторы скоростей ветра на данном уровне за некоторый промежуток времени, во-вторых, сложить полученные векторы и, в-третьих, разделить полученную векторную сумму на число наблюдений.

По средним картам абсолютной топографии можно при помощи градиентной линейки по густоте изогипс определить модуль результирующего ветра. Направление его примерно совпадает с касательной к изогипсам.

*Характеристики изменчивости ветра.* Изменчивость ветра характеризуется двумя параметрами:

1) изменчивостью модуля скорости . Она характеризуется скалярным средним квадратическим отклонением и рассчитывается по формуле , где us – средняя скорость ветра;

2) изменчивостью вектора скорости , которая оценивается средним квадратическим отклонением вектора ветра. Ее расчет производится по формуле  или , где u2 – средний квадрат модулей индивидуальных векторов ветра, ur – результирующий вектор скорости ветра.

*Расчет сдвигов ветра.* Сдвигом ветра (β) называют векторный вертикальный градиент скорости ветра, равный разности векторов скорости ветра на двух соседних уровнях единичного слоя атмосферы, отнесенной к толщине слоя, , где u1 и u2 – векторы скорости ветра на верхней и нижней границах слоя, толщина которого . Вертикальные сдвиги ветра рассчитываются в километрах в час на 1 км.

Средний вектор вертикального сдвига ветра определяется модулем  и направлением  по формуле , где  – модуль суммы векторов отдельных вертикальных сдвигов.

*Расчет среднего эквивалентного ветра.* Эквивалентным ветром (w) называется расчетный ветер, направленный вдоль маршрута и оказывающий на величину путевой скорости (W) такое же влияние, как фактический ветер. Величина w рассчитывается по формуле w = W – V, где V – воздушная скорость. Если W> V, то w имеет знак + (попутный).

При навигационных расчетах для конкретного вылета значение w берется из таблиц, рассчитанных для разных воздушных скоростей и углов ветра.

При планировании полетов на некоторый период пользуются климатическими характеристиками эквивалентного ветра.

Рассмотрим порядок действий при расчете среднего эквивалентного ветра для пункта и для маршрута.

Сначала для пункта рассчитывается средний эквивалентный ветер (wj) для каждого отдельного румба (j) по формуле   и составляется таблица эквивалентного ветра (км/ч) при различных путевых углах (ПУ), углах ветра (), направлениях () и скоростях (u) ветра и разных воздушных скоростях V.

Затем надо составить таблицу повторяемости в процентах ветров разных направлений по градациям скорости.

Значения Wj и соответствующие им выраженные в процентах повторяемости ветров Pj подставляются в формулу среднего эквивалентного ветра по всей совокупности наблюдений .

Получив значения эквивалентного ветра для ряда пунктов, можно рассчитать среднюю многолетнюю скорость эквивалентного ветра на маршруте по формуле , где S – длина маршрута, Si – длина участка маршрута i.

При малых различиях длины отдельных участков маршрута можно пользоваться формулой .

Пункты, для которых рассчитывались средние значения эквивалентного ветра на каждом участке маршрута, должны быть по возможности близки к середине участка.

Для облегчения расчета необходимых в штурманской практике значений эквивалентного ветра можно пользоваться картами эквивалентного ветра, которые имеются в специальных атласах.

*Климатические характеристики струйных течений.* Для расчета повторяемости струйных течений по данным ежедневных карт абсолютной топографии строится карта расположения выбранной ПВФЗ. Вдоль ее оси выделяют соизмеримую с размерами барических образований область опущения изогипс и подсчитывают число случаев (карт), когда ось струйного течения располагалась в пределах выбранной площади. Затем рассчитывают повторяемость струйных течений по отношению к общему числу рассмотренных ежедневных карт.

Средние значения вертикальных градиентов скорости ветра обычно рассчитываются по слоям толщиной 1 км от оси струйного течения вверх и вниз.

Среднюю ширину и среднюю вертикальную протяженность находят простым осреднением полученных значений этих параметров в пределах скорости ветра обычно больше или равной 100 мм/ч.

*Климатическая оценка возможности замены аэропорта посадки при сложных условиях погоды.* Для решения вопросов, связанных с выполнением плана развития воздушных перевозок, надо располагать научно обоснованными авиа-климатическими данными. В частности, авиа-климатические характеристики необходимы для оценки возможностей замены одного аэропорта другим при сложных для посадки условиях погоды.

Задача сводится к следующему: если основной аэропорт А закрыт по метеорологическим условиям, то какова вероятность, что одновременно не будут, закрыты запасные аэропорты Б и В, на которые можно было бы направить прибывающие в аэропорт А самолеты.

В СССР применяли следующую методику. Рассчитывались повторяемости сложных условий в зимние месяцы для разных минимумов:.

1) в каждом из трех аэропортов при условии, что в двух других аэропортах посадка возможна, по формуле .

2) одновременно в аэропортах А и Б по формуле . 3) одновременно во всех трех аэропортах по формуле .

В этих формулах PА, PАБ, PАБВ – соответственно повторяемости (вероятности) условий ниже минимума только в аэропорту А, одновременно в аэропортах А и Б и одновременно в аэропортах А, Б, В; n, n1 и n2 – число случаев условий ниже минимума только в пункте А, одновременно в пунктах А и Б и одновременно во всех трех пунктах.

Расчет вероятности, что аэропорт Б не будет закрыт при закрытии аэропорта А рассчитывается по формуле .

*Оценка климатических условий как фактора, нарушающего регулярность полетов.* Наряду с проблемой обеспечения безопасности полетов стоит другая важная проблема – обеспечение регулярности воздушных перевозок. Нарушение регулярности полетов может произойти по техническим, организационным, метеорологическим и другим причинам.

Метеорологические причины могут, во-первых, помешать вылету; во-вторых, оказаться неприемлемыми для посадки данного типа самолета, ввиду чего самолет придется направить на запасной аэродром; в-третьих, помешать продолжению полета. В этом случае самолет придется вернуть, если им еще не пройден рубеж возврата, или направить на запасной аэродром.

Принципиальная схема исследований сводится к следующему.

1. Делается выборка запланированных самолето-вылетов (N) по месяцам за один или несколько лет.

2. Делается выборка случаев нарушения регулярности полетов по метеорологическим причинам (задержек и отмен вылетов, возвратов вылетевших самолетов, отказа в приеме прибывающего самолета). Выборку производят по каждому месяцу года за то же ряд лет. Подсчитывается число случаев по каждому виду нарушения регулярности в каждом месяце и за год и общее число нарушений регулярности.

3. Рассчитываются повторяемости  и делается обобщение за несколько лет.

Для получения суточного хода нарушений регулярности воздушных перевозок надо рассчитать частную повторяемость нарушений регулярности полетов в разные часы или периоды суток по отношению к общему числу нарушений. Целесообразно рассмотреть суточный ход температуры для января и июля. Форма таблицы для такого расчета показана ниже (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Суточный год повторяемости нарушений регулярности полетов по метеорологическим величинам

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы | 01–06 | 06–12 | 12–18 | 18–24 | Сутки |
| Число случаев, n | 19 | 228 | 95 | 38 | 380 |
| Вероятность, P (%) | 5 | 60 | 25 | 10 | 100 |

Далее представляет интерес выяснить, при каких синоптических положениях происходят нарушения полетов, Для этого составляется примерно следующая таблица (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Число часов с условиями ниже минимума   
(V=2000 м, h=200 м)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Синоптическое положение | Месяц | | | | | | | | | | | | Год |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Теплый фронт | 142 | 34 | 69 | 14 | 24 | 20 | 20 | 2 | 3 | 44 | 66 | 134 | 572 |
| Холодный фронт | 24 | 11 | 25 | 13 | 22 | 15 | 15 | 21 | 12 | 14 | 19 | 26 | 217 |
| Вторичный холодный фронт | 66 | 12 | 64 | 61 | 45 | 24 | 9 | 34 | 10 | 70 | 77 | 14 | 486 |
| Окклюзия по типу теплого фронта | 27 | 44 | 23 | 62 | 10 | 18 | 5 | 2 | 2 | 7 | 21 | 6 | 228 |
| Окклюзия по типу холодного фронта | 44 | 7 | 6 | 9 | 12 | 18 | 19 | 6 | 3 | 6 | 10 | 20 | 160 |
| Теплый сектор | 67 | 20 | 89 | 15 | 17 | 7 | 6 | 5 | 39 | – | 160 | 61 | 485 |
| Антициклон Отрог | 29 | 59 | 76 | 54 | 17 | 8 | 3 | 2 | 3 | 66 | 208 | 255 | 780 |
| Малоградиентное поле | 51 | 21 | 20 | 24 | – | 4 | 7 | 7 | 3 | 7 | 44 | 81 | 269 |
| **Сумма** | **450** | **207** | **373** | **253** | **147** | **114** | **84** | **79** | **75** | **207** | **605** | **597** | **3198** |

Располагая перечисленными данными, можно сделать вывод о годовом и суточном ходе повторяемости нарушений регулярности, а также о значимости отдельных метеорологических факторов и синоптических положений.

**Глава 6. Влияние метеорологических факторов на технические изделия и механизмы**

Надежность и продолжительность работы технических изделий и механизмов находится в зависимости от метеорологических условий. Поэтому возникает необходимость предусматривать меры защиты промышленных изделий и материалов от неблагоприятных климатических воздействий. Меры защиты от климатических воздействий в основном сводятся к следующему:

1) выбор подходящих материалов при изготовлении;

2) покрытие поверхностей защитными пленками;

3) создание конструктивных особенностей технических изделий и механизмов.

Главными влияющими метеорологическими факторами являются: а) температура и влажность воздуха; б) осадки; в) солнечная радиация; г) аэрозоли.

Одно из опасных явлений, вызывающее разрушение материалов, – коррозия. Атмосферная коррозия ускоряет старение лакокрасочных покрытий, ухудшает работу электро- и радиоаппаратуры и т. д.

Коррозийный процесс разрушения металлов может быть химическим и электрическим. Если поверхность металла окисляется в сухом воздухе, то происходит химический процесс. Образующийся при этом тонкий коррозийный слой препятствует дальнейшему процессу коррозии. Поэтому химическая коррозия мало разрушает металл, но меняет отражательные свойства его поверхности. Если поверхность металла увлажняется, то возникает электрохимический процесс, в результате действия которого металл растворяется.

При увлажнении органических строительных материалов на них развиваются микроскопические организмы. Микробиологическая коррозия вызывается деятельностью в основном грибков. Если материалы находятся на открытом воздухе и загрязняются, то на их поверхности всегда можно обнаружить споры, а влага способствует активному развитию микроорганизмов. При этом на увлажненной поверхности образуется слой плесени, под которым сохраняется влага, даже при относительной влажности воздуха ниже 75%.

Интенсивность коррозии одного и того же материала может отличаться в зависимости от климатических условий. В районах с влажным климатом в воздухе, насыщенном промышленными выбросами, скорость коррозии мартеновской стали примерно в 100, а малоуглеродистой в 300 раз больше, чем в зоне сухого климата. Срок службы проводов связи в сельской местности составляет 50–60 лет. Эти же провода вблизи промышленных предприятий служат 3–4 года.

Интенсивность коррозии материалов зависит от степени увлажнения материалов, температуры воздуха и от наличия в атмосфере активно коррозийных примесей (сернистых газов, различных солей).

Увлажнение поверхности материалов происходит или при образовании на ней адсорбционной пленки, или образовании фазовой пленки воды. Первая возникает в случае конденсации водяного пара, содержащегося в воздухе, это может иметь место, когда относительная влажность менее 100%, если поверхность материала холоднее окружающего воздуха и температура ее ниже температуры точки росы.

Для расчета скоростей коррозии необходимо знать среднюю продолжительность существования пленки. Следовательно, для расчета продолжительности существования адсорбционной пленки должны быть показатели, характеризующие относительную и абсолютную влажность воздуха в сочетании с определенными значениями температуры воздуха. Наличие и продолжительность существования пленки на поверхности изделий могут быть определены по климатическим показателям, характеризующим повторяемость и продолжительность осадков, росы, туманов. Коррозия главным образом обусловлена наличием в пленках растворенных солей или коррозийно-активных газов.

Данные о концентрации различных примесей в атмосфере позволяют правильно определить интенсивность коррозии и предусмотреть возможности климатической защиты изделий.

Для оценки термического режима поверхности изделия необходимы сведения: 1) о количестве поступающей радиации; 2) об абсолютных и средних экстремумах температуры воздуха; 3) о продолжительности заданных интервалов температуры воздуха; 4) о суточном ходе температуры.

Продолжительность увлажнения поверхности материала фазовой пленкой  определяется по средней годовой продолжительности выпадения жидких и смешанных осадков  в часах и по числу часов за год с росой : .

Значения  определяются при помощи климатологических данных (по справочнику), значение  рекомендуется определять по комплексу метеорологических величин, при котором образуется роса.

Продолжительности увлажнения материалов адсорбционной пленкой определяется по сумме числа часов за год, когда температура воздуха была равна или больше 1°С при относительной влажности воздуха более 70%. Общая продолжительность увлажнения равна . Для навесов и неотапливаемых помещений .

Расчет ожидаемых коррозийных потерь (М) в первый год эксплуатации, выраженных в г/м2, производится по формуле , где  и  –скорости коррозии в г/м2 ч под адсорбционной и фазовой пленками влаги,  и  – продолжительности увлажнения под этими пленками в часах; а – ускорение коррозии в г/м2-ч на 1 мг/м3 в загрязненной атмосфере под адсорбционной пленкой, влаги коррозийно-активного агента в воздухе; с – концентрация коррозийно-активного агента в мг/м3.

Значения К определяются в результате испытаний, ускорение коррозии а рассчитывается по скорости коррозии при наличии какой-либо примеси в атмосфере: , где К1 – скорость коррозии при концентрации примеси с1; К2 – скорость коррозии при концентрации примеси с2.

Сделаны попытки районировать территорию СНГ и всего земного шара по агрессивной коррозийности атмосферного воздуха. Например, районирование территории бывшего СССР по оценке атмосферной коррозии металлов выполнено по двум факторам. Один из этих факторов – продолжительность увлажнения поверхностей, которая может быть определена, в основном по данным наблюдений метеорологических станций. Второй фактор – степень загрязненности атмосферы.

Общая продолжительность увлажнения поверхности металла в часах определялась по формуле , где  – продолжительность выпадения дождя;  – продолжительность тумана;  – продолжительность выпадения росы;  – продолжительность оттепели;  – продолжительность высыхания поверхности после каждого дождя или тумана.

Первые четыре члена уравнения могут быть определены с помощью «Справочника по климату». Продолжительность высыхания поверхности металлов рассчитана по испаряемости, причем толщина пленки влаги, остающаяся на поверхности металла после осадков и тумана, определена лабораторным путем. Она принята равной примерно 30 мкм.

По средней годовой продолжительности смачивания поверхности металла на территории бывшего СССР построена карта, на которой выделено 11 районов. Наименьшая средняя годовая продолжительность смачивания (750 часов) оказалась в Средней Азии и вблизи о. Балхаш, наибольшая – на побережье Балтийского моря (3250 часов). Наибольшая коррозийная агрессивность наблюдается на побережьях морей, океанов, на значительной части Европейской территории.

По агрессивности атмосферного воздуха выделено пять основных климатических зон (сухая зона умеренного климата, среднеувлажненная, увлажненная и зона избыточного увлажнения).

Зона сухого климата подразделяется на три подзоны по средней длительности смачивания поверхности металла за год (500, 1000 и 1500 ч/год). В умеренной зоне длительность смачивания металла колеблется в пределах 1500–3000 ч/год, в зоне среднего увлажнения – 3000–4500 ч/год, во влажной –4500–6000 ч/год, в избыточно увлажненной – 6000–8700 ч/год. Далее каждая зона и подзона разделяются на три группы по коррозийной агрессивности атмосферы – слабая, средняя и сильная.

Наиболее благоприятными условиями для образования коррозии является наличие большой влажности, высокой температуры и аэрозольных примесей (таблица 6.1).

В условиях влажного тропического климата аэрозольные компоненты обычно растворены во влаге воздуха и образующиеся агрессивные растворы в первую очередь вызывают коррозию металлов. Адсорбция активных элементов окружающей среды, их внедрение в металл приводит к образованию развитых поверхностей (трещин, изломов), снижению сопротивления разрушению.

Таблица 6.1 – Скорость коррозии металлов в различных климатических условиях

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия | Материал | Скорость коррозии, мкм/год |
| Тропический влажный климат  побережье  приморский промышленный район | сталь  литое железо  цинк  литое железо  цинк | 400–500  610  14,0  112  4,75 |
| Тропический сухой климат | литое железо  цинк | 25  0,5 |
| Умеренный климат  сельская местность  промышленный район | сталь  литое железо  цинк  сталь  литое железо  цинк | 18,0  62,5  3,0  73,0  170,0  7,0 |

Адсорбционный эффект вызывает усталость металла, хрупкость и является первоначальной стадией коррозии. Наиболее интенсивные коррозийные процессы вызывает тропический морской воздух, для которого характерна большая концентрация хлоридов и сульфидов. Агрессивное действие последних объясняется их повышенной химической активностью в связи с тем, что ионы галогенов являются активными адсорбционными веществами, снижающими уровень поверхностной энергии металлов.

Долговечность материала, находящегося под воздействием влаги, может быть найдена из соотношения , где В – коэффициент энергии активации процесса, А – коэффициент, зависящий от относительной влажности, Т – абсолютная температура воздуха.

Наиболее интенсивно процесс коррозии начинает проявляться при относительной влажности воздуха более 80%.

Коррозия металлов интенсифицируется также с повышением температуры. Рост температуры воздуха от 20 до 60° может увеличить скорость коррозии стали в пять раз. При наличии химически активных примесей в атмосфере скорость коррозии металлов и их сплавов связана с температурной зависимостью, близкой к параболической (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Изменение скорости коррозии железа в 18% растворе HCl в зависимости от ее температуры

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, градусов С | 20 | 30 | 40 | 50 | 55 |
| Скорость коррозии, мм/год | 0,045 | 0,075 | 0,120 | 0,210 | 0,300 |

Воздействие влаги на неметаллические материалы связано с диффузионными процессами, которые приводят к ухудшению их физических и механических свойств вследствие поглощений влаги материалом. Изменение прочностных свойств органических и полимерных материалов происходит за счет объемного увеличения материала, набухания при насыщении внутренних слоев влагой.

Для различных строительных материалов, оборудования, аппаратуры существуют критические пределы температуры воздуха, при которых нарушаются нормальные условия их эксплуатации. С понижением температуры уменьшается способность металлов к деформации и при некотором критическом значении температуры металл становится хрупким. Особенно быстрый рост поломок механизмов наблюдается, когда температура воздуха ниже –15°. Если температура ниже –35°, то число поломок машин бывает в 10–12 раз больше, чем. при 0°.

Длительность простоя и поломок механизмов и машин зависит не только от интенсивности морозов, но и от их непрерывной продолжительности.

Высокие температуры воздуха практически не влияют на свойства сталей и сплавов, но на отдельные детали, выполненные не из стали, они могут оказывать влияние. Например, с повышением температуры до значений, свойственных тропическому климату, резко уменьшается предел прочности при растяжении и заметно снижается модуль упругости полимерных материалов.

Длительное воздействие повышенных температур приводит к старению материалов. Старение полимерных материалов происходит главным образом по причине распада или изменения основных цепей молекулярного строения. Распад молекул вызывают в основном температура, солнечная радиация и кислородное воздействие.

Повышение температуры на 10° приводит к увеличению скорости окисления в 2,5 раза для каучука и к сокращению срока службы обычной пластмассовой электроизоляции в 1,5–2,5 раза.

Для решения задач защиты изделий от вредных воздействий климата необходимо знать не только число дней и их обеспеченность с температурами ниже или выше определенных значений, но и непрерывную продолжительность этих температур. Их значения лучше всего рассчитывать по данным ежечасных метеорологических наблюдений.

Климатическое районирование территории бывшего СССР применительно к хранению и эксплуатации технических изделий и материалов впервые выполнено Территория СНГ разбита в основном на три зоны (холодная, умеренная и жаркая), которые, в свою очередь, делятся на районы в зависимости от термического и влажностного режима (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Критерии техноклиматического районирования СНГ по С.К. Копелиовичу

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кли- мати- чес- кий  рай- он | Климат | Критерии |
| Ia | Очень холодный | Т1<–300C |
| Iб | Холодный | Т1 от–30 до –150C |
| IIа | Умеренно холодный | Т1 от –15 до –80C; r<80% при T>200С |
| IIб | Умеренно теплый | Т1 >–80C; r<80% при T13>200С |
| IIв | Умеренно теплый влажный | Т1 >–80C; r>70% при T13>200С |
| IIв | Умеренно холодный влажный (муссонный) | Т1 >–150C; r>80% при T13>150С (на Крайнем Севере (до T13>100С) |
| IIIа | Жаркий сухой | Т7 >250C; r13 до 30% |
| IIIв | Очень жаркий сухой | Т7 >300C; r13 до 20% |
| IV | Теплый влажный | Т7 >220C; r13>70% |
| Т1 – средняя температура января, Т7 – средняя температура июля, Т13 – средняя месячная температура воздуха в 13 часов, r13 – средняя месячная относительная влажность воздуха самого теплого месяца в 13 часов | | |

С.А. Сапожниковой проведено уточнение климатического районирования территории СССР применительно к хранению и эксплуатации технических изделий и материалов. Оно выполнено за счет учета числа дней с температурой ниже определенных значений. В частности, учитывалось число дней с минимальной среднесуточной и максимальной температурой воздуха. Эти критерии температуры позволяют определять среднюю продолжительность (в часах) с температурой ниже определенных значений, что позволило уточнить районирование территории для технических целей (таблица 6.4).

Границы умеренно холодного влажного и умеренно теплого влажного районов взяты по Копелиовичу. Теплая зона переименована в субтропическую зону, так как последнее название соответствует особенностям ее климата.

Признавая целесообразность критерия Копелиовича при выделении зоны и ее деления на районы, Сапожникова предлагает делить холодный район на два подрайона: 1а, в котором средний из абсолютных годовых минимумов температуры (Тамин) меньше –45°, и 16 – где Тамин > – 45°.

В дополнение к районированию Копелиовича в жаркой зоне выделен жаркий умеренно влажный подрайон (IIIав). Основанием для его выделения послужило большое число часов с относительной влажностью 80% при температуре выше 20°С.

Л.Е. Анапольская предложила при учете влияния климатических факторов на технические изделия использовать следующие характеристики: абсолютный минимум и максимум температуры; средний из абсолютных минимумов; средние температуры самых холодных суток, трехдневок, пятидневок, разность абсолютных максимумов температуры почвы и воздуха; продолжительность относительной влажности в пределах 70–100 и 90–100%; число часов за год с жидкими осадками; число дней со снегом и высоту снежного покрова. По этим критериям вся территория бывшего СССР разбита на шесть районов (таблица 6.5).

Районы I–III, незначительно различающиеся по кратковременности понижения температур, могут рассматриваться как один район, в котором оборудование должно поставляться только в специальном северном исполнении. В районе IV–VI температурные условия эксплуатации оборудования более легкие.

Таблица 6.4 – Характеристика климатических районов СНГ для технических целей

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Зона | Район и подрайон | Усл. обоз-наче-ния | Средняя температура января, град. | Число дней в году Тмин<–45оС | Средняя температура июля, град. | Средняя относи-тельная влажность, %, в июле в 13 часов |
| Холодная | Очень холодный  Холодный район  1 подрайон  2 подрайон | Iа  Iб`  Iб`` | –50 – –30  –30 – –15 | 100–10  10–1  1–0,1 | 2 – 18  2 – 18  6 – 25 | –  –  – |
| Умеренная | Холодный (в горах)  Умеренно холодная  Умеренно холодный и влажный подрайон  Умеренно теплый  Умеренно теплый и влажный подрайон | I`б  IIa  IIав  IIб  IIбв | >–15  –15 – –8  –15 – –10  –8 – +4  –5 – –3 | –  <0,1 | –  8 – 25  10 – 20  16 – 25  16 – 18 | –  <80  >80  <70  >70 |
| Жаркая | Умеренный (в горах)  Жаркий сухой  Жаркий умеренно влажный подрайон | II`  IIIa  IIIав | >–15  –15 – +2  –6 – +4 |  | <25  25 – 30  25 – 27 | 20 – 40  >40 |
| Субтропи-ческая | Очень жаркий, сухой  Субтропический влажный | IIIб  IV | –4 – +2  +4 – +6 |  | 30 – 32  22 – 23 | 15 – 25  >70 |

Таблица 6.5 – Основные климатические характеристики районов СНГ, которые следует учитывать при изготовлении технических изделий (по Л.А. Анапольской)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | Зима | | | | | Лето | | Влажность (число часов) | | Число часов с жидкими осадками в год | Число дней со снегом | Высота снегового покрова |
| Абсолют-ный ми-нимум темпера-тур | Средний минимум темпера-туры | Средняя температура самых холодных | | | Абсолют-ный мак-симум темпера-туры | Разность абсолют-ных ми-нимумов темпера-тур поч-вы и воз-духа | 70–100 | 70–100 |
| суток | 3-дневок | 5-дневок |
| I | –60 и ниже | –55 | –55 | –53 | –50 | 30 – 35 | 15 – 20 | 4500 | 1500 | 350 | 280 | 60 – 70 |
| II | –55 | –50 | –50 | –47 | –45 | 30 – 35 | 15 – 20 | 5000 | 1500 | 450 | 280 | 120 |
| III | –55 | –50 | –45 | –43 | –40 | 35 | 20 – 25 | 5000 | 1500 | 420 | 240 | 80 |
| IV | –55 | –50 | –40 | –37 | –35 | 35 | 20 – 25 | 5000 | 1500 | 440 | 220 | 100 |
| V | –50 | –45 | –35 | –33 | –30 | 40 | 20 – 25 | 4000 | 2000 | 570 | 200 | 80 |
| VI | –45 | –40 | –30 | –27 | –25 | 40 | 25 – 30 | 4000 | 1000 | 500 | 100 | 100 |

Для технических целей предлагается следующая схема районирования тропического климата (районы земного шара между 40° северной и южной широты); 1) влажный тропический (ТВ); 2) сухой тропический (ТС); 3) умеренно-влажный субтропический (УВС); 4) высокогорный холодный (ВХ).

При выделении типов учитывались общие закономерности, которые выступают в общих и технических классификациях климата.

Влажный тропический климат (ТВ) характерен для экваториальных и приэкваториальных областей. Обильные, нередко продолжительные дожди, большое испарение влаги с подстилающей поверхности и значительная облачность создают условия для длительного существования высокой абсолютной и относительной влажности. Сильное увлажнение наблюдается почти круглые сутки при температуре воздуха 20–25° и выше. Сочетание температуры выше 20–22° и относительной влажности выше 70% доминирует надо всеми другими возможными сочетаниями и составляет до 7000 ч за год. Температурно-влажностный режим является одним из активных, агрессивно действующих элементов на промышленные изделия.

Сухой тропический климат (ТС) широко распространен на всех континентах и предопределяется распределением пустынь и полупустынь. Характерным для него является малое количество осадков, небольшая относительная влажность, длительные периоды бездождья, большие величины суммарной солнечной радиации, высокие температуры воздуха, большие суточные и годовые колебания температуры и относительной влажности, частое возникновение песчаных и пыльных бурь.

К умеренно влажному субтропическому климату (УВС) относятся районы с умеренно жарким, сухим или умеренно теплым и влажным летом. Зима является прохладным временем года, с ежегодными или почти ежегодными понижениями температуры до 0° и ниже. Дождливый период в одних местах приходится на осенне-зимнее время, в других – на летнее. Количество осадков достаточно для того, чтобы исключить формирование здесь полупустынных и пустынных типов климата.

Высокогорный холодный климат характерен для высокогорных хребтов и межгорных плато. Фактором, определяющим климат ВХ, является большая высота над уровнем моря. Она служит основной климатообразующей причиной. Зимой постоянно наблюдаются морозы, устойчиво лежит снежный покров, дуют сильные ветры. Летом, особенно в засушливых местах, температура воздуха днем может повышаться до 30–35° и выше, ночью опускаться до 0° и ниже. Количество осадков определяется региональной орографией (формой рельефа, экспозицией горных склонов и т. д.).

**Глава 7. Транспортная климатология**

Большее значение приобретают перевозки грузов различными видами транспорта. Перевозки грузов осуществляются авиационным, морским, речным, железнодорожным и автомобильным транспортом. Эксплуатация транспорта во многом зависит от метеорологических условий. Каждому виду транспорта свойственна своя собственная зависимость от метеорологических условий.

*Влияние метеорологических факторов на эксплуатацию наземного транспорта.* Метеорологические факторы оказывают значительное влияние на эксплуатацию наземного транспорта. Одни из них могут полностью приостановить движение, другие препятствуют нормальному движению.

Прямое воздействие метеорологических условий на транспорт состоит в том, что за счет наличия определенного метеорологического фактора необходимо снижать скорость движения и увеличивать дистанцию между машинами. Косвенное же влияние имеет место в том случае, когда дорожный покров бывает поврежден за счет воздействия метеорологических факторов, а восстановительные работы приводят к уменьшению скорости и плотности движения по данной магистрали.

К серьезным нарушениям работы наземного транспорта приводят снежные заносы, они могут быть вызваны сильными снегопадами, метелями, а в горных районах и снежными обвалами (лавинами). Сильные снежные заносы на железнодорожных путях и автомобильных дорогах могут остановить движение даже на несколько суток.

В настоящее время расчеты нормативов, характеризующих заносы снегом дорог, производятся на основании использования данных метеорологических наблюдений за величинами, определяющими интенсивность переноса снега и его продолжительность. В частности, можно рассчитать средний за зиму объем переносимого снега, объем снега заданной обеспеченности, определить среднюю и максимальную интенсивность переноса снега, а также продолжительность переноса снега метелями.

Рассчитывая, необходимо иметь в виду, что при метеорологических наблюдениях учитывают три вида метелей: метель с выпадением снега, низовую метель и поземок.

Низовая метель наблюдается без снегопада, когда перенос снега осуществляется сильным ветром в слое не менее 2 м над поверхностью земли.

Интенсивность переноса снега определяется как масса его (в граммах), переносимая за единицу времени (мин) через площадку размером 200 см2. Очевидно, интенсивность переноса пропорциональна кинетической энергии ветра; следовательно, , где m – масса воздуха, проходящего через площадь сечения F = 200 см2 за единицу времени, v – скорость ветра; К – коэффициент пропорциональности.

Так как , где  – плотность воздуха (в г/см3), тогда . Если принять F=200 cм2 и обозначить  то получим , т. е. интенсивность переноса снега пропорциональна кубу скорости ветра.

Коэффициент пропорциональности С определен эмпирически и его среднее значение равно 0,0129 г/см-мин. Он численно равен массе снега, переносимого через площадь поперечного сечения шириной 1 см и высотой 2 м, перпендикулярную ветру, в единицу времени при скорости ветра 1 м/с на уровне флюгера.

Применяя эти расчеты к переносу снега, выраженному в единицах объема на единицу пути (метр) в единицу времени (час) и принимая плотность снега равной 0,17 г/см3, получим 

Количество переносимого ветром снега за время метели зависит от ее продолжительности. Если обозначить продолжительность метели через τ, то за время ее действия через единицу пути в направлении ветра будет перенесена масса снега . Если ветер дует под углом α к данному объекту, то . Обозначив длину заносимого участка через l и суммируя действие всех n метелей, получим количество снега, переносимого за зиму .

Расчет объема переносимого снега при метелях в течение зимы удобно выполнять по ниже приведенной схеме (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Схема расчета снегопереноса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Скорость, м/с | | | | | | | | | |
| 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | ∑ |
| nv | 4 | 3 | 19 | 14 | 14 | 5 | 2 | 1 | 5 | 76 |
| I м2/пог.м.ч | 0,099 | 0,158 | 0,236 | 0,460 | 0,795 | 1,012 | 1,262 | 1,533 | 1,886 |  |
| V, м3/пог.м. | 0,4 | 0,5 | 4,5 | 6,4 | 11,1 | 5,1 | 2,5 | 1,5 | 9,4 | 42 |

Сначала определяется объем переноса снега при каждом значении скорости ветра более 6 м/с путем умножения значения интенсивности переноса при данной скорости ветра на число случаев наблюдений метелей при ней. Суммарный перенос снега за зиму, рассчитанный со всеми скоростями ветра и разделенный на число случаев, дает среднюю интенсивность переноса снега за данную зиму, т. е. 

Продолжительность метелевого периода может быть определена как промежуток времени, за который высота снежного покрова была не менее 10 см и температура воздуха ниже нуля. Тогда возможный объем переносимого снега при метелях за зиму определится по формуле .

В настоящее время построены карты продолжительности метелей, интенсивности и объемов переносимого снега на территории СНГ.

Средняя продолжительность метелей за год изменяется от 10 ч на юге Средней Азии до 1000 ч на побережье Карского моря. На значительной части территории бывшего СССР продолжительность метелей составляет более 200 часов за зиму. Продолжительность одной метели на большей части территории составляет 6–8 ч. Что касается интенсивности переноса, то наибольшие ее значения наблюдаются в прибрежных северных и восточных районах бывшего СССР, где часты снегопады с метелями и скорости ветра велики (в Петропавловске-Камчатском I = 2,55 м3/пог м, в Анадыре I = 3,10). Наименьшая интенсивность снегопереносов в лесной зоне (в Санкт-Петербурге I = 0,17, в Якутске I = 0,30).

Поскольку объем снегопереноса зависит от интенсивности и продолжительности метелей, то его наибольшие значения наблюдаются в тех районах, где интенсивность и продолжительность метелей максимальны.

Объемы снегоотложений на дорогах могут быть получены путем введения поправки на плотность снега, которая определена в декаду наибольшей его высоты. Оказалось, что в северных и восточных районах Европейской территории снегоотложения на дорогах с обеспеченностью 5% (раз в 20 лет) могут превосходить 600 м3/пог м, в центре Европейской территории– 200–300 м3/пог м, а в северо-западных и юго-западных районах – менее 100 м3/пог м.

В районах, где наблюдается большая заносимость дорог снегом, необходимо предусматривать меры снегозащиты. Это достигается как путем соответствующего проектирования поперечных профилей земляного полотна дорог, так и устройством защитных ограждений.

В районах с благоприятными для лесонасаждения почвенно-климатическими условиями основным видом защиты дорог от снежных заносов являются лесонасаждения. Рекомендуются лесонасаждения, состоящие из отдельных узких полос (шириной 10 м) и межполосных разрывов от 30 до 45 м. Меньшую величину разрыва принимают при косых ветрах, а большую – при прямых.

В тех районах, где разведение лесонасаждений затруднено, надежным средством защиты являются снегопередувающие или постоянные заборы высотой не более 4–5 м. Нарушение движения но дорогам также может быть связано со сходом снежных лавин и селей.

На эксплуатации железнодорожного транспорта, который в настоящее время переходит на электротягу, большое влияние оказывает гололед, который может привести к нарушению работы линий электропередач.

Снижение скоростей и плотности движения транспорта часто связано с ухудшением видимости вдоль дорожной магистрали.

Ухудшение видимости связано с такими явлениями погоды, как туман, дымка, пыльные бури, осадки.

При очень сильных туманах движение может совсем прекратиться. Большая угроза для безопасности движения транспорта на таких отрезках дорог, куда могут наплывать полосы тумана с соседних лугов, лесных просек и т. д. Эти полосы тумана часто очень сильно и, главное, неожиданно ухудшают видимость как раз на уровне глаз водителя. Наиболее опасными в смысле возможности туманообразования являются те участки местности, на которых могут образовываться озера холодного воздуха.

Для более эффективной эксплуатации транспорта необходимо использовать многолетние данные о повторяемости и продолжительности условий ограниченной видимости на отдельных участках магистралей.

Наряду с туманом значительные затруднения в работе автотранспорта чаще всего вызывает гололед.

Гололед на дорогах образуется либо вследствие выпадения переохлажденных дождевых капель, либо при выпадении обычных, непереохлажденных дождевых капель на дорогу, поверхность которой имеет температуру ниже 0°С, вследствие чего выпадающие капли также замерзают. В обоих случаях образуется гладкий и большей частью прозрачный ледяной покров. Следовательно, условием образования такого гололеда всегда являются жидкие осадки в виде дождя, мороси или капель воды, осаждающихся из тумана. Переохлажденные осадки почти всегда обусловлены макросиноптическими процессами и потому охватывают обширные пространства.

Интенсивность и продолжительность гололеда на дорогах будет также зависеть от местных условий. Так, например, на участках дорог с хорошей теплопроводностью покрытия таяние гололеда начинается раньше, чем на участках с покрытием, плохо проводящим тепло.

Гололедица на дорогах образуется в результате замерзания воды. Это может быть талая вода, дождевые лужи и т. п. Благоприятные условия для образования гололедицы – оттепели.

Снежный гололед образуется на накатанном или утоптанном снежном покрове. Дополнительные трудности для дорожного транспорта при снежном гололеде создаются в связи с тем, что при этом часто образуются промоины, разрушающие дорожный покров.

Гололедные образования на дорогах увеличивают аварийную опасность и требуют дополнительных расходов для поддержания дорог в исправном состоянии.

Жидкие осадки также ухудшают эксплуатационные свойства дорог. На мокрых дорогах ухудшается сцепляемость колес с покрытием, создается опасность заноса машин и увеличивается длина пути торможения.

Дожди, особенно ливневые, размывают покрытия и насыпи, создают условия для сильных паводков, при которых возможно смывание дорожных мостов.

Температура воздуха влияет на самочувствие водителя, эксплуатацию машин и дорожные покрытия. При низких температурах воздуха водителю необходим обогрев, а эксплуатация машин затрудняется, поскольку возможно замораживание смазки и охлаждающих двигатель жидкостей. Низкие температуры на дорогах способствуют морозным вспучиваниям. Оно возникает в том случае, когда под верхним водопроницаемым слоем почвы располагается водонепроницаемый. Тогда вода накапливается в верхнем слое, а при замерзании она расширяется и приподнимает дорожный покров.

При высоких температурах воздуха в кабине водителя необходимо предусмотреть вентиляцию. Повышенные температуры могут вызвать нарушение нормального режима работы двигателя, а также растрескивание до измельчения резиновых и пластмассовых деталей и отслаивание покрытий. Высокая температура воздуха размягчает дорожные покрытия, и они могут под ее влиянием претерпевать деформацию.

Ветер влияет на работу дорожного транспорта не только тем, что создает снежные заносы, но в еще большей степени как непосредственный возмущающий фактор. При больших скоростях ветра и большой скорости движения транспорта могут действовать силы, возникающие за счет бокового ветра.

Таким образом, видно, что климатические данные должны учитываться при выборе трассы магистрали, ее строительстве и эксплуатации. В процессе проектирования трассы необходимо путем оценки имеющихся метеорологических данных по возможности избегать тех участков местности, на, которых особенно часто или особенно интенсивно развиваются метеорологические явления, препятствующие нормальному движению транспорта. Если же это невозможно, то в ходе строительства должны применяться меры, ослабляющие влияние этих неблагоприятных метеорологических факторов.

Увеличение перевозок пассажиров и грузов в летний период может являться примером косвенного влияния метеорологических факторов на эксплуатацию транспорта, особенно железнодорожного.

*Влияние климатических условий на перевозку грузов.* При перевозке и хранении грузы подвергаются воздействию гидрометеорологических условий. Изменения, которые могут происходить в изделиях под действием гидрометеорологических условий, могут быть как обратимыми, так и необратимыми. Обратимыми являются изменения, полностью исчезающие после прекращения или уменьшения данного внешнего воздействия. Неблагоприятные воздействия климата и погоды при перевозке и хранении товаров могут быть устранены или уменьшены, если известно, к каким последствиям приводит изменение комплекса метеорологических условий на перевозимые грузы.

На перевозке грузов железнодорожным транспортом влияние метеорологических факторов менее заметно, чем при перевозке морским транспортом, так как в большинстве случаев грузы редко пересекают различные климатические зоны. Можно лишь отметить, что для открытых грузов возникает опасность намачивания и появления коррозии. При перевозке в закрытых вагонах иногда возникают повреждения грузов вследствие их перегрева. Особенно важную роль играет нагревание вагонов-холодильников.

*Речной флот.* Современная технически оснащенная транспортная речная сеть включает в себя судоходные реки, каналы, водохранилища, озера и заливы. Крупные реки являются основными водными магистралями. По пропускной способности они эквивалентны мощным железнодорожным магистралям. В целом речная воднотранспортная система в силу близости и доступности достаточно экономична.

Речные пути разделяют по их территориальной и экономической значимости на магистральные речные пути, межрайонные и местные.

В систему речного флота входят транспортные суда всех разрядов и видов, речные порты и пристани, а также объекты, обеспечивающие работу речных судов на маршруте.

Речной транспорт включает пассажирские, грузовые самоходные и несамоходные суда. Грузоподъемность сухогрузных и наливных речных судов достигает 20 тыс. т. Маршрутную безопасность судов обеспечивает технический флот, выполняющий путевые и дноуглубительные работы.

Речным регистром суда делятся на разряды по допуску к плаванию на больших озерах, водохранилищах, на больших судоходных реках и в мелководных бассейнах.

На внутренних водных путях осуществляется перевозка разнообразных грузов, буксировка несамоходных судов, плотов и гидротехнические работы.

Речные порты обеспечивают безопасную стоянку судов и перегрузочные операции. Основными характеристиками любого порта являются: грузооборот, пропускная способность, судооборот. Речные порты делятся на общие, специальные, аванпорты и порты-убежища.

Речные порты включают в себя причальные сооружения, перегрузочные устройства и механизмы, плавучие и портальные краны и многие другие гидротехнические и энергетические устройства, обеспечивающие работу порта.

Специфика работы речного транспорта состоит в следующем:

1) все виды работ осуществляются на открытом воздухе и сильно зависят от условий погоды и состояния водной поверхности;

2) относительно малые путевые скорости и недостаточная маневренность, особенно при ухудшении погоды;

3) немаловажное значение имеет наличие укрытий, приподнятых берегов, обеспечивающих „ветровую тень", а также гидротехническая оснащенность фарватеров.

Работа речного флота находится в постоянной зависимости от таких условий погоды, как ветер и волнение; туман и другие явления, ухудшающие видимость; переход температуры воздуха через 0 °С и начало устойчивых морозов с появлением ледостава.

В зависимости от скорости ветра и состояния водной поверхности решается вопрос о выходе судов в плавание, о проводке или буксировке караванов судов по заданной акватории, а также о необходимости захода в порты-укрытия.

Ветер и волнение оказывают влияние на все виды стационарных работ. Так, при скорости ветра 14–16 м/с прекращаются погрузо-разгрузочные работы в портах, на пристанях и причалах.

Опасным является изменение уровня воды в реках за счет сгон- но-нагонных явлений, в период весеннего половодья и возможных зажорных явлений на реках.

Гидрометеорологическое обеспечение речного транспорта осуществляется прогностическими подразделениями. Необходимая для речного транспорта метеорологическая информация включает: текущие сведения о состоянии погоды; прогнозы погоды; прогнозы погоды по маршрутам, акватории водоема на периоды времени, предусмотренные запросами потребителя; предупреждения об опасных для речного флота погодных условиях.

Маршрутные (рейсовые) прогнозы погоды составляются для транспортных судов, несамоходных плавсредств, буксировки плотов по предварительным заявкам, но не позднее чем за 3–6 ч до выхода судна в рейс.

Штормовые предупреждения немедленно передаются диспетчеру для передачи их на суда.

На основании прогностической информации о направлении и скорости ветра разрабатываются прогнозы волнения на реках и водоемах. Прибрежные и морские судовые маршруты отличаются по сложности фарватеров. Особое внимание прогнозиста уделяется участкам трассы, для которых известны опасные направления ветра и участки реки и водоемов, обеспечивающие надежное укрытие.

К особой форме деятельности на реках относится лесосплав. Осуществляется принудительная проводка древесины в плотах или перевозка в лихтерах на крупных реках, водоемах и озерах. Буксировка плотов зависит от условий погоды и сложности маршрута.

Для различных водоемов установлены критические значения скорости ветра при его определенном направлении. Аналогичные пороговые условия погоды устанавливаются для проводки лихтеров. Дополнительно учитывается возможность снижения видимости, с которой связана опасность столкновения судов и посадки судна на мель.

*Автомобильный транспорт.* В экономике автомобильный транспорт занимает важное место. Он является главным связующим звеном трех транспортных систем: железнодорожной, морской и речной. Широко используются различного типа пассажирские и грузовые автомобили. Однако перевозке грузов принадлежит основная роль в экономическом значении автомобильного транспорта. Основными факторами, определяющими его эффективное функционирование, являются: состояние дорог; техническое оснащение дорог; уровень организации безопасности движения.

Особое место занимает специализированное метеорологическое обеспечение автомобильного транспорта в городах.

Автомобильный транспорт как составной элемент хозяйственной деятельности входит во все отрасли производственной сферы. Автомобили различного назначения широко используются на промышленных предприятиях, в коммунальном, специальном и гидротехническом строительстве, на открытых горных разработках, заготовках древесины и т. д. От эффективности работы автомобильного транспорта во многом зависит освоение природных ресурсов, особенно в восточных и северных регионах СНГ. Значительный удельный вес занимает автомобильный транспорт в сельскохозяйственном производстве.

Специфика работы автомобильного транспорта состоит в следующем. В течение всего года непосредственно транспортные операции осуществляются на открытом воздухе.

В ряде регионов в силу большой разветвленности шоссейных и грунтовых дорог автомобильный транспорт обладает достаточной маневренностью, что в определенных ситуациях способствует выбору более благоприятного пути следования.

Успешная работа автомобильного транспорта зависит от правильной эксплуатации дорог, включая соблюдение правил движения, от технического состояния дорог, отвечающего современным требованиям скоростного оборота грузов, и, конечно, от эффективного специализированного метеорологического обеспечения.

Метеорологические условия оказывают влияние не только на процесс транспортировки грузов, но и на все дорожно-строительные работы и работы по ремонту дорожных одежд. Современная эксплуатация дорог характеризуется большими нагрузками на дорожное покрытие. Изменения температуры, скорости и направления ветра и количества осадков оказывают сильное влияние на состояние дорог. Дорожно-строительные работы, как правило, осуществляются в период года, когда температурный режим отвечает нормативам использования строительного материала и технологии работ, включая применение дорожных машин. Однако в течение теплого сезона года сказываются следующие неблагоприятные условия погоды: длительные обложные осадки, ливневые дожди и сильные ветры.

Состояние дорог сильно меняются в течение года. Зимой опасными являются метель, снегозаносы, возможное образование длительной ледяной корки на протяженных участках дороги. В переходные сезоны нередко образование гололеда на открытых участках дороги и значительное снижение видимости (туман, снегопад, снежные заряды). Весной проезжаемость грунтовых дорог существенно ухудшается, а в период дождей исключается. В этот период с повышением температуры быстро возрастает глубина оттаивания грунта. Скорость оттаивания определяется на основании уравнения множественной регрессии вида , где  – изменение глубины оттаивания грунта (см) за декаду (п дней);  – сумма положительных среднесуточных температур за декаду; h – глубина оттаивания грунта (см) к началу новой (расчетной) декады; а, b, с – коэффициенты, полученные эмпирическим путем и имеющие размерности: а (см/°С), b – значение безразмерное, с (см).

Для различных дорожно-климатических зон получены эмпирические формулы: в районах сильного увлажнения: ; в районах нормального увлажнения– ; в зонах с глубоким залеганием грунтовых вод 

При отсутствии справочных сведений об устойчивости грунтовых дорог и необходимости работы автомобильного транспорта вне дорог с жестким покрытием оценка глубины оттаивания грунта, выполненная по метеорологическим данным, позволяет выбрать оптимальный маршрут.

Прямой угрозой для автотранспорта является гололедица, с которой связано более 50 % дорожно-транспортных происшествий. Для любых дорог к неблагоприятным условиям погоды относятся длительные дожди и ливни, особенно на дорогах в сельской местности. Особые условия работы автотранспорта складываются на Крайнем Севере и на Дальнем Востоке в условиях слаборазвитой дорожной сети надежных конструкций. Значительно затрудняется работа автотранспорта в горных районах, где возможны сходы снежных лавин, оползневые явления и селевые потоки.

Метеорологическое обеспечение автомобильного транспорта осуществляется в самых разных физико-географических и производственных условиях, на трассах различной протяженности, сложности, в городах, на промышленных предприятиях, в сфере добычи полезных ископаемых и т. д. Разнообразие задач автомобильного транспорта обусловливает все более избирательное специализированное обеспечение его.

В повседневных оперативных условиях автомобильному транспорту необходима следующая метеорологическая информация:

1) фактические данные о текущей погоде в целях осведомленности о зависимости автотранспортных работ на данный момент;

2) суточные и полусуточные прогнозы как по пунктам базирования автомобильного транспорта, так и по автотрассам, по которым устанавливается специализированное обеспечение;

3) предупреждения об ОЯ и НГЯ;

4) консультации и уточнения информации.

Особые трудности испытывает автомобильный транспорт зимой и в переходные сезоны. В это время большое внимание в прогнозах уделяется снегозаносам на дорогах, включая городские условия, и возникновению гололедицы на тех или иных участках дорог. Если ожидается, что гололедицей будет охвачено 10 % и более обслуживаемой территории, потребителю направляется предупреждение об ОЯ.

Заблаговременные предупреждения о снегопадах, метелях и гололедице в городах позволяют своевременно включить в защитные мероприятия специализированную технику города.

В метеорологическом обеспечении автотранспорта особое внимание уделяется перевозкам грузов по международным трассам, транспортировке руды и пород в открытых карьерах, перевозке грузов по зимникам и др. В каждом отдельном случае разрабатывается специальная программа метеорологического обеспечения, которая включается в договорные соглашения. При этом устанавливается заблаговременность прогнозируемых явлений погоды и частота прогнозирования выбранных метеорологических величин.

*Трубопроводный транспорт.* Это особый вид транспорта, представляющий собой трубопровод разного диаметра (от 200 до 1400 мм), с помощью которого осуществляется передача (транспортировка) на расстояние жидких, газообразных или твердых продуктов. В качестве трубопроводного транспорта выступает нефтепровод, газопровод, а также гидро- и пневмотранспорт.

Выделяют магистральный и промышленный трубопроводный транспорт. Передача на большие расстояния газа и нефти осуществляется магистральным трубопроводным транспортом.

Нефте- и газопроводы простираются на тысячи километров, нередко в сложных условиях подстилающей поверхности и рельефа.

Действуют три основных нефтепроводных магистральных направления: урало-сибирское (около 9 тыс. км), северо-западное (около 2 тыс. км) и юго-западное. Юго-западный нефтепровод – крупнейший в мире, его протяженность более 5 тыс. км. Мощные газопроводные магистрали обеспечивают передачу газа из Тюменской области и Республики Коми в районы Урала, Центра и Северо-Запада. Вблизи крупных городов сооружаются нефтяные и газовые хранилища.

Промышленный трубопроводный транспорт используется в пределах промышленного объекта (производственного предприятия) в условиях выполнения технологического процесса.

**Глава 8.** **Метеорологическое обеспечение других отраслей** **экономики**

*Лесное хозяйство* – отрасль производства, которая включает учет, воспроизводство и содержание лесов, их охрану от пожаров, вредителей и болезней. Анализ поступающей информации о состоянии лесов с учетом текущей и ожидаемой погоды позволяет заблаговременно принимать меры защиты. В случае образования локальных лесных пожаров при высокой температуре и сильном ветре в борьбу с ними включается МЧС.

Организации лесного хозяйства обеспечиваются следующей метеорологической информацией:

1) сведениями о текущем состоянии метеорологических условий (температура воздуха, влажность, количество выпавших осадков, направление и скорость ветра, показатель горимости леса) по регионам, где ведутся метеорологические наблюдения;

2) предупреждениями об опасных и стихийных гидрометеорологических явлениях; прогнозы засушливых условий, горимости лесов, грозовых ситуаций, ураганных ветров позволяют заблаговременно предпринять необходимые меры по предотвращению опасности для леса или быстрой ликвидации последствий;

3) прогнозами погоды на сутки, трое суток и на более длительные периоды; прогнозы используются для более эффективного проведения ежедневных лесных работ, планирования таких видов работ, как закладка питомников, химическая обработка лесопосадок с помощью авиации и другие мероприятия;

4) долгосрочными прогнозами погоды и консультациями в целях более долговременного планирования работ и их возможной корректировки.

В ряде районов лесное хозяйство испытывает разрушающее воздействие вредных выбросов в атмосферу. Возникает необходимость изучения этих ситуаций, выявления неблагоприятных синоптических условий и оценки природоохранных мероприятий.

Наибольший ущерб лесам причиняют пожары. Возникновение лесного пожара в значительной мере зависит от метеорологических условий. Пожар распространяется тем быстрее, чем суше лесная подстилка, чем выше температура воздуха и ниже относительная влажность и чем больше скорость ветра.

Оценку возможности возникновения пожара в лесу в зависимости от метеорологических условий устанавливают посредством расчета показателя горимости леса, предложенного В.Г. Нестеровым, , где t – температура воздуха в 13 ч.; t – td – дефицит точки росы; n – число сухих дней от начала отсчета горимости, при этом дни с осадками менее 2,5 мм считаются как дни без осадков.

Для практического удобства используется шкала горимости, приведенная в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Шкала горимости леса

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс горимости | Горимость | Показатель горимости |
| I | Отсутствует или малая | 0–300 |
| II | Средняя | 301–1000 |
| III | Высокая | 1001–4000 |
| IV | Особо опасная | 4001–10 000 |
| V | Чрезвычайная | > 10 001 |

*Открытая разработка полезных ископаемых.* Разработка полезных ископаемых из недр Земли осуществляется закрытым (подземные и подводные выработки) и открытым (рудники, разрезы) способами. Генеральное направление развития горнодобывающей промышленности ориентировано на открытый способ, при котором добыча руды и угля дешевле в 2–3 раза.

Для открытых карьеров (разрезов) знание погодных условий является определяющим фактором организации всех видов работ на поверхности. Погода оказывает непосредственное воздействие на выполняемые в карьерах работы. Все работы внутри карьеров отмечаются высокой трудоемкостью и опасностью. Это прежде всего работы, связанные с выемкой руд с помощью как мощных механизмов, так и буровзрывных работ. Достаточно сложна и разнообразна транспортировка добываемой руды и другого природного сырья. Значительная доля работ приходится на зачистку уступов, ремонт и строительство дорог.

Во всех открытых карьерах учет погоды остается обязательным условием успешной работы, хотя и носит избирательный характер, поскольку добыча природного сырья, его обработка и транспортировка имеют свою специфику.

Наиболее сложные погодные условия складываются в холодную часть года. В этот период года при антициклонических условиях нередко образуются туманы. В результате карьер может оказаться изолированным от обмена с внешней средой, расположенной выше его верхнего горизонта. Это вызывает повышение в карьере концентрации газов.

Все виды работ внутри карьеров требуют учета внутрикарьерной погоды, которая может складываться в ближайшие часы. Наряду с этим используются суточные и полусуточные прогнозы.

*Торговля на открытом воздухе* характерна для теплой части года. В жаркие летние дни торговые точки выставляют продукцию массового спроса. Это типично не только на территории города, но и в пригороде, в зонах отдыха, особенно в выходные и праздничные дни. Бойкая торговля, обещающая прибыль, скрывает в себе и долю метеорологического риска.

Летом в дневные часы внезапное наступление непогоды – шквалистого ураганного ветра, грозы, сильного ливня с градом – может причинить огромный ущерб торговле.

Знания ожидаемой погоды, главным образом в дневные часы, позволяют предпринять меры, достаточные, чтобы предотвратить или снизить потери при резком внезапном ухудшении погоды. Местные торговые организации обеспечиваются на договорных условиях специализированными прогнозами, в которых предусматривается возможность возникновения опасных явлений погоды, указываются наиболее вероятные часы их наступления.

*Метеорологическое обеспечение энергетики.* Энергетика – важнейшая отрасль экономики. Она представляет собой топливно-энергетический комплекс, включающий получение, передачу, преобразование и использование различных видов энергии и энергетических ресурсов. Энергетика объединяет такие энергетические системы, как электрическую и тепловую; нефте- и газоснабжения; угольную и систему ядерной энергетики.

Энергетика осуществляет массовое извлечение из природной среды преимущественно невозобновляемых ресурсов. Многообразие видов работ в каждой системе, осуществляемых на открытом воздухе, требует избирательного и обширного метеорологического обеспечения. Это касается проектирования новых энергетических объектов, их строительства и ежедневного функционирования, обеспечивающего энергоснабжение всех отраслей экономики.

*Метеорологическое обеспечение электроэнергетики.* На стадии проектирования и строительства широко используются климатические материалы. Для проектирования и строительства источников электроэнергии необходимы данные многолетнего метеорологического и гидрологического режимов в пункте строительства, регионе (водозапасы, расходы воды, экстремальные и расчетные температуры воздуха). Строительство воздушных ЛЭП требует сведений, содержащих данные о максимальных размерах гололедно-изморозевых отложений, а также о максимальной скорости ветра и минимальной температуре воздуха на протяжении маршрута строительства. Метеорологические сведения позволяют рассчитать гололедно-ветровую нагрузку и эквивалентную скорость ветра в заданном пункте, смоделировать распределение механических напряжений и экстремальные условия несущих опор.

Основная часть электроэнергии вырабатывается на тепловых электростанциях, а также при комбинированном производстве электроэнергии и тепла на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ). Для оценки используются нормативные климатические параметры, представленные в СНиПах.

Выделяют две группы гидрометеорологических параметров во всей совокупности специализированного обеспечения электроэнергетики.

Первая группа параметров, влияющих на выработку электроэнергии. В нее входят: водозапасы, расходы воды и др. Важной составляющей является информация о средних месячных и экстремальных суммах осадков, о количестве и продолжительности ливневых осадков в суточном режиме гидрологических данных. Выработка электроэнергии на тепловых станциях является относительно стационарной и обусловлена энергетической потребностью города, региона.

Вторая группа параметров, влияющих на потребление электроэнергии. Режим потребителя электроэнергии в значительной мере зависит от температуры воздуха и естественной освещенности, учитываемой по конкретному региону, а также от потребностей в этом виде энергоресурсов развивающегося производства.

Так, изменение средней суточной температуры на 1 °С приводит к изменению генерирующей мощности и соответственно к изменению расходов условного топлива. Степень освещенности в том или ином городе, регионе определяют облачность и суммарная радиация. Например, днем в декабре при изменении облачности от небольшой до сплошной (или наоборот) увеличивается (или уменьшается) потребление электроэнергии примерно на 5 %, что эквивалентно 1 млн кВт. Освещенность зависит и от явлений погоды, снижающих видимость. Это осадки, метели, пыльные бури и другие. Прогноз ясной погоды позволяет уменьшить нагрузку и выработку электроэнергии на электростанциях, а пасмурной – предусмотреть повышенную нагрузку.

Особое внимание уделяется оперативному метеорологическому обеспечению высоковольтной сети. В холодный период года необходим прогноз гололедно-ветровых нагрузок, а в летний – грозовых условий погоды.

Отложение на проводах гололеда и изморози, сопровождаемое сильным ветром, может привести к обрыву проводов и поломке опор. Это необходимо учитывать и в случаях выпадения мокрого снега с последующим резким понижением температуры, что может быть связано с прохождением холодного фронта.

Большое значение имеет заблаговременное предупреждение о грозах, которое позволяет своевременно перейти на грозовой режим работы, ввести в действие предусмотренные им меры защиты и таким образом заметно снизить потери.

Для планирования режима потребления электроэнергии необходимы прогнозы среднесуточных значений температуры воздуха и облачности и аналогичные фактические значения за прошедшие сутки. Это позволяет оперативно рассчитывать режим потребления электроэнергии.

Графики работы энергосистемы составляются на год, месяц, декаду и на каждый день.

В электроэнергетике широко используется климатическая информация (режимы погоды) на заданные периоды, а также данные о фактической и прогностической погоде.

К опасным для электроэнергетики явлениям погоды относятся: гроза любой интенсивности; скорость ветра 30 м/с и более; отложения гололеда на ЛЭП толщиной 20 мм и более, мокрого снега или сложного отложения льда толщиной 35 мм и более; дожди интенсивностью 50 мм/12 ч и более, ливни интенсивностью 30 мм/ч; резкие изменения температуры воздуха (10 °С в сутки и более); продолжительные морозы (–30 °С и ниже) и продолжительная жара (30 °С и выше).

*Метеорологическое обеспечение теплоэнергетики.* В энергетическом балансе большее значение придается теплоэнергетике. Развитие коммунального и промышленного строительства требует ввода в эксплуатацию мощных теплоэлектростанций (ТЭЦ), вырабатывающих как тепловую, так и электрическую энергию. Централизованное теплоснабжение дает примерно 80 % тепла, потребляемого промышленными предприятиями, жилыми и общественными зданиями. Установлена географическая локализация экономичности ТЭЦ, что обусловлено выбором расчетной нагрузки. Так, для Беларуси она составляет 400 Гкал/ч.

В крупных городах тепловые источники осуществляют подачу теплоносителя на общую тепловую сеть. Примерно 50 % вырабатываемого тепла приходится на жилищно-коммунальный сектор.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – одно из главных условий успешного хозяйственного переустройства и развития экономики. Особое место здесь занимает оптимальное использование информации о погоде и климате в целях снижения расхода топлива и энергии.

ТЭЦ совместно с теплосетью образуют самостоятельную локальную энергосистему, осуществляющую теплоснабжение. Отпуск тепла регулируется в зависимости от ожидаемой температуры наружного воздуха и скорости ветра на предстоящие сутки. На основании прогноза температуры воздуха и ветра задается режим работы ТЭЦ – ее тепловая нагрузка.

*Метеорологическое обеспечение топливной промышленности.* В состав топливной промышленности входят отрасли, объединяющие предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, газовой, угольной, сланцевой и торфяной промышленности,

Нефте- и газоснабжение относятся соответственно к нефтяной и газовой промышленности.

Нефтяная промышленность ведет разведку нефтяных месторождений, бурение скважин, добычу нефти и попутного (нефтяного) газа, переработку и трубопроводную транспортировку нефти. Нефть добывают на нефтяном промысле, который представляет из себя комплекс скважин, трубопроводов и установок для извлечения нефти, подводящие нефтепроводы, замерную установку, подключающую 10–30 скважин, газонефтяной сепаратор и специальные резервуары для накопления товарной нефти, откуда она поступает в магистральный нефтепровод или в цистерны. Дальнейшая транспортировка нефти осуществляется по магистральным нефтепроводам с помощью головных и промежуточных нефтеперекачивающих станций. По всей длине нефтепровода устанавливаются линейные задвижки на расстоянии не более 20 км.

Газовая промышленность охватывает разведку и эксплуатацию месторождений природного газа, газоснабжение по газопроводам, производство газа из угля и сланцев, переработку газа и использование его в различных отраслях промышленности и коммунально- бытовом хозяйстве.

Добыча газа на месторождении осуществляется с помощью специального бурового оборудования и газокомпрессорных станций, обеспечивающих повышение давления газа при его добыче, транспортировке и хранении. Для транспортировки природного газа на большие расстояния используется магистральный газопровод. Газораспределительные станции служат для понижения давления газа при подаче его потребителю. Наиболее крупными потребителями газа являются ТЭЦ и предприятия различных отраслей промышленности.

В зависимости от географических и сезонных условий работы на нефте- и газопромыслах устанавливается перечень метеорологических величин и явлений погоды, учет которых необходим при добыче и транспортировке нефти.

Производственные объединения по транспортировке и поставке нефти и газа получают прогнозы погоды на сутки, трое суток и месяц. В штормовых предупреждениях указываются данные о грозах, сильном ветре, резких перепадах температуры, которые могут привести к нарушению снабжения нефтью и газом промышленных предприятий и коммунально-жилищного хозяйства.

Важное место в специализированном метеорологическом обеспечении занимает информация о грозах. Вести работу на газопроводе и нефтепроводе при грозах строго запрещено. Поэтому предупреждения должны поступать минимум за 2–3 часа до начала и прекращения работ.

Изменения температуры влияют на регулировку подачи газа. При прогнозе длительных морозов газ заблаговременно накапливают в резервных мощностях, поэтому может возникнуть необходимость лимитировать подачу газа на предприятия. Подача газа на жилищные нужды не лимитируется.

К опасным явлениям в этой системе относятся: метели (в прогнозе указывают скорость ветра); гололед любой интенсивности; грозы любой интенсивности; понижение температуры воздуха до –25 °С; длительные дожди с количеством осадков 7 мм и более за 12 ч и менее; скорость ветра 15 м/с и более; глубокое промерзание почвы.

Кроме того важна гидрологическая информация об опасных гидрологических явлениях на реках в местах, пересекаемых газо- и нефтепроводами.

*Метеорологическое обеспечение торфяной промышленности.* Торф используется в энергетике, для производства торфяного газа, как коммунально-бытовое топливо и в сельском хозяйстве.

Все операции по подготовке поверхности торфяного месторождения, добыче торфа и его транспортировка механизированы. Современная добыча торфа характеризуется высоким уровнем технологии производства.

Зависимость торфоразработок от погодных условий очевидна. К наиболее неблагоприятным явлениям погоды в этой системе относятся дожди, особенно летом, в период интенсивной обработки торфяных полей, а также сильный ветер в засушливую погоду. Поэтому особое значение придается прогнозу длительных периодов ясной безветренной погоды, когда рабочие и техника могут быть переведены на форсированный режим работы. Успешный прогноз ясной погоды или малооблачной погоды на 2–4 дня благоприятствует выполнению плановых работ. Знание предстоящей погоды позволяет регулировать технологию производства с наименьшими производственными потерями.

В соответствии с договорными условиями по районам торфоразработок дается следующая метеорологическая информация:

1) прогноз на сутки, на последующие двое суток, на 5 и 10 суток, на месяц, на весенние и летние сезоны с указанием значений метеорологических величин и явлений, оказывающих существенное влияние на добычу торфа;

2) регулярная информация о фактическом состоянии погоды;

3) предупреждения об ОЯ и НГЯ погоды;

4) данные метеорологических наблюдений болотных станций на осушенных и неосушенных торфяных залежах.

Неблагоприятные и опасные явления погоды для торфоразработок представлены в таблице 8.2.

Однако в настоящий постиндустриальный период развития общества острота сельскохозяйственной проблемы – обеспечение населения продуктами питания – заметно снизилась. Это объясняется высоким уровнем агротехнологии в развитых и развивающихся странах при условии достаточного климатического обеспечения сельскохозяйственного производства.

*Специфика сельскохозяйственного производства.* Сельское хозяйство – это важнейшая отрасль материального производства, занимающая второе место после промышленности в валовом общественном продукте. На ее долю приходится около 30 % национального дохода.

Сельскохозяйственное производство является многоотраслевым (оно включает в себя земледелие и животноводство) и требует самой разнообразной метеорологической и агрометеорологической информации. Основными сельскохозяйственными культурами являются зерновые, зернобобовые, подсолнечник, картофель, сахарная свекла, овощи, фрукты, ягоды.

Таблица 8.2 – Неблагоприятные и опасные явления погоды для торфоразработок

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Явление | НГЯ | ОЯ |
| Пожароопасность лесов  Дождь | III класс  Количество осадков 5 мм и более за 12 ч и менее | IV и V классы  Количество осадков 50 мм и более за 12 ч и менее. Ливни 20 мм за 1 ч и менее |
| Ветер | 10 м/с и более при устойчивой засушливой погоде; 15 м/с и более | 30 м/с и более или порывы 40 м/с и более |
| Метель всех видов | При скорости ветра 10 м/с и более | При скорости ветра 15 м/с и более продолжительностью 12 ч и более |
| Гололед и отложения мокрого снега | Диаметр отложения до 20 мм | Диаметр отложения 20 мм и более; мокрого снега или сложного отложения льда 30 мм и более |
| Туман, дождь, метель, пыльная буря, снегопад, ухудшающие видимость | Видимость менее 500 м | Видимость менее 50 м в течение более 3 ч |
| Снегопад | – | 20 мм и более за 12 ч и менее |
| Гололед | Любой интенсивности |  |
| Гроза | То же |  |

Производство сельскохозяйственной продукции в достаточно больших масштабах осуществляется в особых специфических условиях, характерных только для данной отрасли.

1) Сельскохозяйственные культуры на всех фазах производства постоянно находятся под влиянием погоды и климата. Учет погоды и климата требуется во все сезоны года.

2) Сельскохозяйственные работы носят сезонный характер и существенно обусловлены климатической зоной. При этом особое внимание уделяется нормам и технологиям посева и посадки сельскохозяйственных культур, видам и агротехнике подкормок, защите сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков.

3) Сельскохозяйственные культуры занимают обширные площади, и это затрудняет практическое применение эффективных мер защиты сельскохозяйственных культур от неблагоприятных условий погоды. Поэтому в сельском хозяйстве непредотвратимые убытки по метеорологическим причинам больше, чем в какой-либо другой отрасли народного хозяйства.

*Зависимость сельскохозяйственного производства от метеорологических условий.* Наибольшая зависимость сельскохозяйственных культур от погоды проявляется в вегетационный период. Однако урожай, например, озимых существенно зависит от термовлагоустойчивости осенью и условий их перезимовки (условий закалки). В зимне-весенний период возможны такие опасные агрометеорологические условия, как вымерзание, выпревание, образование ледяной корки, вымокание.

Различные сельскохозяйственные культуры имеют разную вегетационную продолжительность, избирательную потребность в тепле и освещении, а также разную степень влаголюбивости и морозоустойчивости. Особым агроклиматическим показателем является величина биологического нуля, которая принимает значение от 3–5 до 12–15 °С.

Особенно страдают растения от недостатка влаги и избыточного увлажнения почвы.

Сельскохозяйственные культуры предъявляют различные требования к теплу, что может быть выражено суммой среднесуточных температур воздуха за период вегетации данной культуры. В качестве порогового условия рассматривается сумма активных температур выше 10 °С.

Весной и осенью пагубное влияние оказывают заморозки.

Тяжелые условия могут складываться и летом. Нередко засухи охватывают значительную территорию, что приводит к максимальным убыткам в сельском хозяйстве. Засухи при сильном ветре сопровождаются возникновением пыльных и черных бурь. Продолжительные сильные ветры с обложными осадками и ливнями вызывают полегание сельскохозяйственных культур.

К опасным и неблагоприятным явлениям зимой относятся:

1) Длительные морозы без выпадения снега, особенно в предзимье и первую половину зимы. Следствие: вымерзание озимых.

2) Обильные снегопады на незамерзшую почву и последующие низкие температуры воздуха. Следствие: озимые выпревают.

3) Образование ледяной корки. Следствие: выпревание, вымерзание.

Изреженность (в %) озимой пшеницы в зависимости от толщины ледяной корки принято рассчитывать по следующей эмпирической формуле u =5,4 + 2,8l + l,8l2, , где l – средняя толщина ледяной корки, см.

Вымерзание озимых обусловлено вторжением полярных и ультраполярных антициклонов, а длительные оттепели и резкие затем понижения температуры воздуха могут быть вызваны юго- западными и южными циклоническими процессами.

К опасным и неблагоприятным явлениям зимнего периода относятся:

1) Сохранение морозной, малоснежной погоды. Следствие: вымерзание озимых.

2) Резкое и значительное потепление – быстрое снеготаяние. Следствие: затопление посевов на 5–10 суток сопровождается вымоканием растений, а на 25 суток и более – их полной гибелью.

3) Длительная теплая сухая погода. Следствие: иссушение почвы, слабое развитие растений. При сильном ветре оголяется корневая система.

4) Заморозки – понижение температуры до О °С и ниже – в воздухе или только на почве при устойчивом среднесуточном положительном значении ее. Следствие: в зависимости от интенсивности заморозка частичная или полная гибель растений. Особенно чувствительна к заморозкам рассада овощных культур, высаженная в открытый грунт.

К опасным и неблагоприятным явлениям в летний период относятся:

1) Заморозки в начале лета. Следствие: значительные повреждения садовых и овощных культур.

2) Сильные ветры с ливнями. Следствие: полегание растений.

3) Град. Следствие: обладая огромной разрушительной силой, уничтожает посевы.

4) Суховеи, пыльные и черные бури. Следствие: выдувание и снос деятельного слоя почвы. Полное уничтожение растений.

5) Засуха. Следствие: гибель растений на огромных территориях. Резкое снижение продуктивности в животноводстве.

6) Заморозки в конце лета. Следствие: снижение урожайности ряда культур.

К опасным и неблагоприятным явлениям осенью относятся:

1) Заморозки. Следствие: в зависимости от интенсивности заморозка может быть частичная или массовая порча сельскохозяйственной продукции.

2) Похолодания с дождями. Следствие: задержка и срывы сбора урожая; порча сельскохозяйственной продукции.

3) Значительное понижение температуры (до 0 °С и ниже) во время уборки урожая. Следствие: значительные потери при уборке урожая.

Метеорологические условия оказывают влияние на состояние сельскохозяйственных животных. Температура и влажность воздуха, ветер и солнечная радиация сказываются в наибольшей мере. Особенно тяжело переносят животные переохлаждение и перегрев. Изменения температуры воздуха сказываются на удое молока. При понижении температуры воздуха до –10 °С удой молока у отдельных пород коров падает на 15 %, Наибольший привес скота наблюдается при температуре воздуха 16–21 °С, а при температуре выше 35 °С привес совсем прекращается.

К особо опасным агрометеорологическим явлениям относятся такие, которые вызывают повреждение и гибель растений на одной трети посевной площади области и более. Это:

1) засуха и суховеи, сохраняющиеся в течение 10 дней и более при относительной влажности воздуха днем 30 % и менее и запасах влаги в пахотном слое почвы 10 мм и менее;

2) почвенная корка, переувлажнение почвы, низкая температура воздуха, вызывающие загнивание и гибель семян хлопчатника;

3) заморозки в воздухе или на поверхности почвы в вегетационный период, вызывающие повреждение зерновых (в период молочно-восковой спелости), технических, овощных, плодовых и других культур;

4) понижение температуры воздуха в субтропических районах до –7 °С и ниже, вызывающее повреждение и гибель цитрусовых растений;

5) температура почвы ниже критической на глубине узла кущения озимых культур и многолетних трав в Нечерноземной зоне;

6) наст, ледяная корка, высокий снежный покров, снегопады, метели, наблюдающиеся на пастбищах отгонного животноводства;

7) переувлажнение и иссушение почвы, частые дожди, наблюдающиеся в течение 10 дней и более.

*Метеорологическое и агрометеорологическое обеспечение сельского хозяйства.* В целях эффективного метеорологического и агрометеорологического обеспечения ведутся наблюдения, относящиеся к агрометеорологии, проводятся многочисленные научные исследования, разрабатываются методы прогнозирования.

Гидрометеорологические станции и посты ведут метеорологические и агрометеорологические наблюдения и обеспечивают необходимыми сведениями районные организации, совхозы и другие коллективные сельскохозяйственные организации. Ведутся постоянные метеорологические наблюдения за температурой и влажностью воздуха и почвы, а также за другими условиями погоды, которые в общей сложности обеспечивают произрастание растений. По единой методике проводятся фенологические наблюдения, определяются густота и высота растений, повреждения растений неблагоприятными явлениями и условиями погоды, сельскохозяйственными вредителями и болезнями.

Ведутся наблюдения за состоянием посевов, формированием продуктивности и урожая, за проведением полевых работ и их качеством. В районах орошаемого земледелия проводятся наблюдения за влажностью почвы и глубиной стояния грунтовых вод, за ростом и развитием растений на орошаемых землях, за сроками, нормами и качеством полива. Для этих районов составляются гидрологические прогнозы запасов воды в реках и водохранилищах, необходимой для орошения полей.

Данные наблюдений передаются руководству совхозов и других коллективных хозяйств для корректировки конкретных видов сельскохозяйственных работ и проведения необходимых агротехнических мероприятий.

Данные метеорологических и агрометеорологических наблюдений необходимы для составления:

предупреждений об ОЯ и НГЯ, об опасных агрометеорологических условиях;

прогнозов погоды и агрометеоусловий различной заблаговременности;

агрометеорологической информации (сводки за день, пятидневку, декаду и др.) о сложившихся погодных условиях и их влиянии на развитие сельскохозяйственных культур, проведение полевых работ, формирование урожая, выпас скота и др.;

агрометеорологических обзоров за вегетационный период, а также за периоды полевых работ, уборки урожая, проведения сева;

агрометеорологических прогнозов различного вида, продолжительности и назначения.

Данные метеорологических и агрометеорологических наблюдений широко используются при агрометеорологическом обосновании размещения сельскохозяйственных культур, новых способов их возделывания и уборки. Для решения вопросов перспективного планирования сельскохозяйственного производства и выполнения сезонных сельскохозяйственных работ требуются знания климата и агроклимата по территории. В этих целях разрабатывается научное агроклиматическое районирование для многих сельскохозяйственных культур.

Аналогичные научные рекомендации разрабатываются по эффективному пастбищному содержанию и выпасу скота, а также по заготовке кормов.

Особое значение придается изучению агроклиматических ресурсов света, тепла и влаги. Не менее важно изучение и знание синоптических процессов, вызывающих особо опасные для сельского хозяйства условия погоды.

*Специфика агрометеорологического обеспечения.* Для повышения качества метеорологического и агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства необходимо знать специфику сельскохозяйственного производства, агрометеорологические и агроклиматические условия района. Требуется детальное изучение района обеспечения, таких факторов, как морозоопасность отдельных участков, водная и ветровая эрозия пахотного слоя и т. п. Для этой цели должна быть тщательно изучена орография района. Текущая и прогностическая метеорологическая и агрометеорологическая информация позволяет более рационально использовать предстоящие благоприятные метеорологические и агрометеорологические условия для успешного выполнения данного вида работ или принять предупредительные меры к предотвращению или уменьшению возможных потерь.

**Глава 9. Биоклиматология и экологическая климатология**

***9.1. Понятие о тепловом балансе человека***

Между человеком и окружающей его средой происходит постоянный теплообмен. Человек обладает способностью регулировать процессы теплообразования и теплопотерь в организме в границах, необходимых для жизнедеятельности.

С точки зрения теплового режима организм человека представляет собой сложную термодинамическую систему, отличающуюся высокой стабильностью температуры внутренних частей тела при значительных колебаниях интенсивности теплообмена между телом и внешней средой. У подавляющего большинства людей температура тела равна 36,6–36,8° С при измерении в подмышечной впадине. При этом температура периферических тканей в зависимости от метеорологических условий может изменяться в значительных пределах.

Для сохранения постоянной температуры необходимо, чтобы поступление и расход тепла с поверхности тела были равны между собой.

Основным источником тепла для организма человека является энергия, образующаяся в нем в процессе химических реакций биологического окисления. Окислению подвергаются в клетках организма питательные вещества. Превращения заканчиваются образованием воды, углекислого газа и освобождением тепловой энергии. Величину теплопродукции измеряют по количеству поглощенного кислорода.

Интенсивность теплопродукции постоянно меняется. У человека в покое, находящегося в условиях теплового комфорта, величина теплопродукции равна 50 ккал/ч. Во время ходьбы она в два – четыре раза, а при очень напряженной работе в семь – десять раз выше, чем в состоянии покоя.

В горах выше 3000–4000 м теплопродукция увеличивается на 8–13% вследствие усиления активности дыхательных мышц. Часть освобожденной тепловой энергии накапливается в клетках и расходуется на физиологические процессы. Больше половины энергии расходуется на нагревание тела и вдыхаемого воздуха. Если лишить организм возможности расходовать тепло, то за 2 ч температура тела повышается на 4°.

В естественных условиях другим источникам тепла для организма человека является энергия солнечной радиации. Тепло, образующееся в организме, расходуется с выдыхаемым воздухом и путем переноса его кровью.

Передача тепла во внешнюю среду с поверхности тела происходит путем турбулентной диффузии теплового излучения и испарения влаги. В холодных условиях удельный вес турбулентных и радиационных теплопотерь возрастает. В теплых условиях теплопотери турбулентным путем и излучением уменьшаются, но увеличиваются за счёт испарения. При температуре воздуха, равной температуре поверхности, теплоотдача излучением и турбулентная практически теряют свое значение и единственным путем теплоотдачи становится испарение пота.

Когда температура окружающей среды ниже температуры поверхности тела, скорость ветра увеличивает теплопотери турбулентным путем и испарением. При высоких температурах воздуха большие скорости ветра не всегда способствуют усилению теплопотерь организма.

С повышением температуры заметно возрастает влияние уровня влажности воздуха. Увеличение влажности воздуха уменьшает физиологический дефицит насыщения и ограничивает теплопотери испарением. Аналогичная роль влажности при пониженных температурах воздуха значительно меньше. В то же время при низких температурах воздуха повышенная влажность увеличивает теплопотери организма в результате интенсивного поглощения водяным паром энергии длинноволнового излучения с поверхности тела человека.

Определенное значение для теплообмена организма имеют и теплопотери через органы дыхания, происходящие за счет нагревания вдыхаемого воздуха и испарения с поверхности дыхательных путей.

Интегральным показателем теплового состояния организма человека является температура тела. О степени напряжения терморегуляторных функций организма и о его тепловом состоянии можно судить также по изменению температуры кожи и тепловому балансу. Косвенными показателями терморегуляции могут служить влагопотери и реакции сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, уровень артериального давления и минутный объем крови).

При длительном пребывании в жарких условиях возможны стойкие изменения физиологических функций организма, например угнетение центральной нервной системы, нарушения в водно-солевом обмене и понижение общей сопротивляемости организма.

В очень холодных условиях (холодовый дискомфорт) в организме человека происходят терморегуляторные сдвиги, направленные на ограничение теплопотерь и увеличение теплообразования. Уменьшение теплопотерь организма происходит за счет сужения периферических сосудов.

Под влиянием охлаждающих факторов окружающей среды – низкой температуры воздуха, радиационного и контактного холода, а также совместного действия пониженной температуры, повышенной скорости ветра и влажности воздуха может наступить переохлаждение организма.

*Факторы теплового баланса человека.* Хорошо известно, что человек довольно длительное время может пребывать или даже проживать в местах абсолютных экстремумов отрицательных или положительных температур. Cуществование и деятельность человека возможны, если температура его тела будет поддерживаться в состоянии гомотермии. Температура тела может понижаться или повышаться при глубоком стрессовом состоянии организма (болевой синдром, психоэмоциональное напряжение, тепловой удар, холодовой стресс). Однако, такие ситуации сравнительно редки и поэтому можно утверждать, что постоянство температуры внутренних частей тела – биологический закон человеческого организма.

Основным источником тепла для поддержания жизненных функций организма является энергия, образующаяся в процессе химических реакций, начинающихся в пищеварительной системе. После ферментного окисления в тканях организма образуются питательные вещества. Они подпитывают клеточные структуры, отдельные органы человека, транспортируют выделения в виде воды, углекислого газа. Все это формирует теплопродукцию человеческого тела.

Величину теплопродукции оценивают по количеству поглощенного кислорода. Теплопродукция зависит от температуры окружающей среды, веса и длины тела, от состояния покоя или физического напряжения (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Теплопродукция отдельных органов человека (%) в условиях покоя или при умеренной работе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Органы | Покой 50 ккал/м2/час  (58 вт/м2) | Работа 790 ккал/м2/час  (920 вт/м2) |
| Скелетная мускулатура  Органы дыхания, кровообращения  Брюшные органы, в особенности печень  Нервная система, преимущественно головной мозг | 20%  10%  50%  20% | 75%  10%  10%  5% |

В зависимости от теплопродукции изменяются и тепловые ощущения человека (таблица 9.2).

Таблица 9.2 – Теплоощущения человека в зависимости от теплопродукции в теплое время гола

|  |  |
| --- | --- |
| Теплопродукция, кВт/м2 | Теплоощущения |
| > 0,07 | Жарко |
| 0,07 … -0,03 | Тепло |
| -0,04 … -0,20 | Комфортно |
| -0,21 … -0,45 | Прохладно |
| -0,46 … -0,69 | Холодно |
| < -0,69 | Резко холодно |

Процесс расходования тепла для поддержания реакций в организме и обмен теплом организма с окружающей средой называется теплообменом. Изменениям температуры окружающей среды отвечают изменения в обменных процессах, которые компенсируют увеличение или уменьшение тепла в организме для достижения состояния гомеостаза 36-37°С путем соответствующих реакций организма.

Тепловой баланс тела человека определяется влиянием комплекса метеорологических (температура воздуха, влажность воздуха, скорость ветра и энергия солнечной радиации), физиологических факторов, теплозащитных свойств одежды и физической нагрузки.

К физиологическим факторам теплового баланса человека следует отнести теплопродукцию, температуру кожи и характеристику условий увлажнения поверхности кожи.

Тепловое состояние человека определяется прежде всего изменениями температуры кожи. На поверхности кожи имеются около 30 тысяч тепловых и примерно 250 тысяч холодовых рецепторов, которые возбуждаются термическим влиянием метеорологических факторов. Они поставляют информацию об условиях в окружающей среде в центры терморегуляции, находящиеся в головном мозге. При постоянной температуре тела температура кожи может изменяться в широких пределах – от 20 до 38° С. Человек испытывает различное теплоощущение, оцениваемое им субъективно.

Тепловое состояние человека характеризуется средним взвешенным значением температуры кожи, определенным для основных частей тела с учетом их площади.

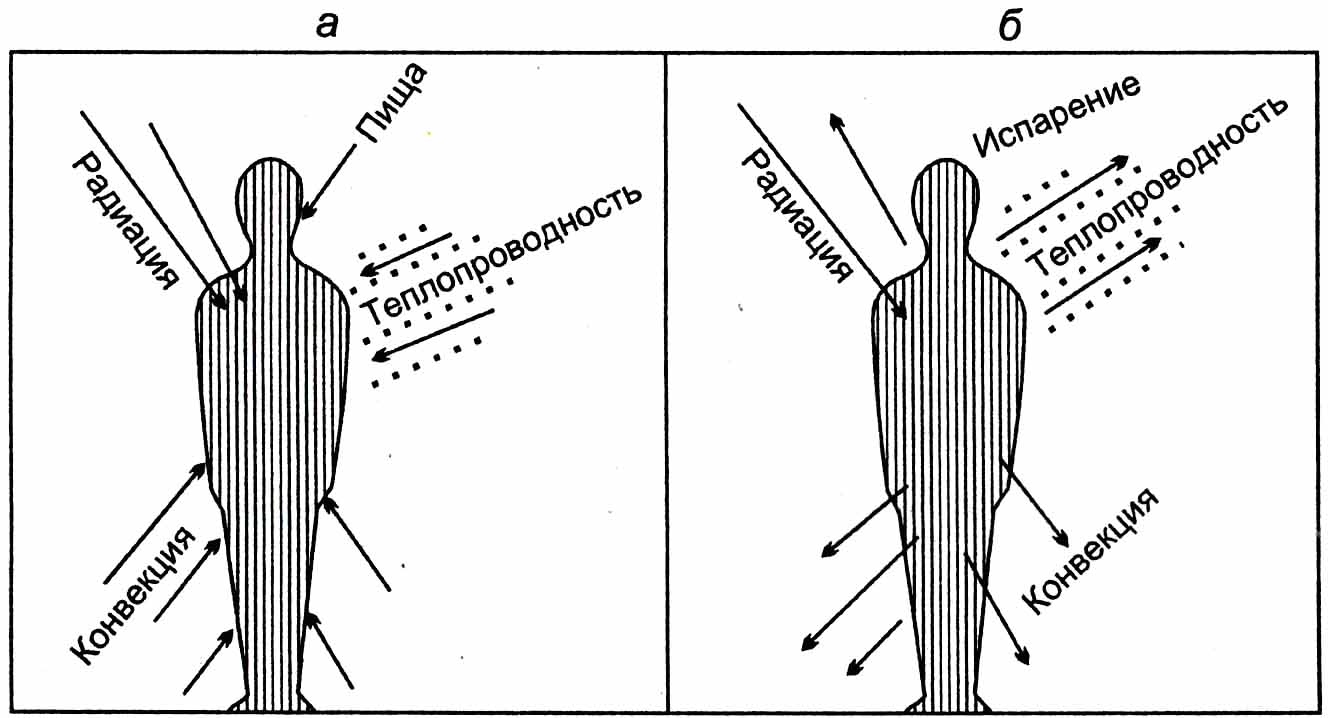
Соотношения между субъективными оценками теплоощущения человека и средней температурой кожи таковы:

|  |  |
| --- | --- |
| Температура кожи, градусов | Теплоощущение |
| 27,8 – 28,8 | Холодно |
| 28,9 – 29,9 | Очень прохладно |
| 30,0 – 32,1 | Прохладно |
| 32,2 – 33,2 | Комфорт |
| 33,3 – 34,2 | Тепло |
| 34,3 – 35,5 | Жарко |
| 35,6 и выше | Очень жарко |

Помимо теплопродукции в формировании теплообмена человеческого тела с окружающей средой участвуют и метеорологические факторы, обычно принимаемые во внимание при рассмотрении составляющих радиационного и теплового баланса подстилающей поверхности.

Схема основных метеорологических процессов, формирующих теплопотери и теплоприход к поверхности обнаженного человеческого тела схематически представлена на рисунке 9.1.

Степень увлажнения кожи является необходимым условием испарения. В обычных условиях примерно 10% поверхности кожи влажные. В жарких условиях вся поверхность кожи влажная. Условия увлажнения кожи функционально связаны с температурой кожи.



**Рис. 9.1.*****Схема основных составляющих теплопоглощения (а) и теплоотдачи (б) обнаженного человеческого тела***

В тепловых условиях основное значение в расходовании тепла с поверхности тела имеет испарение, выраженное через показатель увлажнения кожи.

*Теплозащитные свойства одежды.* Тепловой комфорт возникает тогда, когда складываются такие метеорологические условия, при которых терморегуляторная система организма испытывает наименьшее напряжение, т.е. имеет место физиологический покой. Одним из наиболее объективных показателей комфорта или дискомфорта является состояние кожи (дрожь, посинение, покраснение). При комфортном состоянии кожный покров не подвержен упомянутым состояниям, а средняя взвешенная температура поверхности кожи составляет 31 – 33°С. При температуре кожи  > 34,0°C теплоощущения легко одетого человека оцениваются для разных людей как очень тепло, жарко, очень жарко. При <31,0°C - как прохладно (29,0-30,9°С), холодно (27,0-28,9°С), очень холодно (23,0-26,9°С), крайне холодно (<23,0°С).

Характер теплоощущений зависит как от одежды, так и от состояния температуры внешней среды или помещений. Лица, одетые только в плавки, чувствуют себя вполне комфортно в комнате, стены которой имеют температуру 25°С, при температуре воздуха в этой комнате всего 10°С. Если, однако, воздух нагрет до температуры 25°С, а стены сохраняют температуру замерзания люди скоро начинают дрожать, поскольку тепло от обмена веществ не в состоянии компенсировать радиационную потерю тепла телом человека.

Роль одежды состоит в снижении потери тепла с поверхности тела и защите ее от чрезмерного влияния солнечной радиации. Теплозащитные свойства одежды не зависят от природы волокна тканей. Они определяются количеством инертного воздуха, содержащегося между волокнами тканей.

В настоящее время в биоклиматологических исследованиях отечественных и зарубежных показателей теплоизоляционных свойств одежды принята «единица КЛО». Термин КЛО соответствует трем начальным буквам английского слова clothing – одежда.

Величина КЛО соответствует теплоизоляции, создаваемой обычной одеждой, которую носят в помещении работники умственного труда, находящиеся в условиях теплового комфорта при температуре воздуха 18° С, а также при средней взвешенной температуре кожи, равной 33° С, и теплопродукции 50 ккал/ч. Такую теплоизоляцию имеет комплект одежды, состоящий из шерстяного костюма и белья. Физическая величина единицы КЛО равна 0,18 ккал/м2-град.

Оценка теплозащитных свойств некоторых типов одежды в числах КЛО приводится в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Значения чисел КЛО для различных типов одежды

|  |  |
| --- | --- |
| Числа КЛО | Тип одежды |
| 0,5 | Летняя легкая |
| 1,0 | Летняя (комплект белья и шерстяной костюм) |
| 1,5 | Летнее пальто |
| 2,0 – 2,5 | Демисезонная |
| 3,0 – 3,5 | Зимняя |
| 4,0 – 4,5 | Арктическая |
| 5,0 – 6,0 | Утепленная арктическая |

С помощью одежды, теплоизоляция которой компенсирует большую часть теплопотерь, действие низких температур окружающей среды значительно смягчается.

С увеличением высоты местности над уровнем моря плотность воздуха снижается, и это оказывает влияние на теплоизоляционные свойства одежды в сторону увеличения КЛО.

Вся территория бывшего СССР разделена на 15 зон, имеющих характерные типы одежды, соответствующие теплоизоляции, обеспечивающей тепловой комфорт у человека в покое или занятого работой средней тяжести при средней температуре кожи, равной 33°С. Для зимнего периода выделено пять, а для летнего шесть районов. Общая характеристика этих районов приведена в таблице 9.4.

Так как один и тот же календарный период в различные годы характеризуется неодинаковыми метеорологическими условиями, то параметры одежды, обеспечивающей тепловой комфорт, также будут изменяться в различные календарные периоды в одном и том же климате или при пересечении территорий в один и тот же календарный период с разными климатами. Более объективной оценкой в этом случае служат значения обеспеченностей чисел *КЛО* в различных районах.

Таблица 9.4 – Типы одежды, обеспечивающие комфорт в различных районах бывшего СССР

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Зона | Одежда лета | | Одежда зимы | |
| Покой стоя | Работа средней тяжести | Покой стоя | Работа средней тяжести |
| 0А | Холодное лето | | Очень суровая зима | |
| демисезонное пальто | летнее пальто | теплоизоляция одеждой  недостаточна | арктическая |
| IA | Умеренно холодное лето | | Очень суровая зима | |
| летнее пальто | костюм, плащ | теплоизоляция одеждой  недостаточна | арктическая |
| IB | Умеренно холодное лето | | Суровая зима | |
| летнее пальто | костюм, плащ | утеплённая арктическая | тёплое зимнее пальто |
| IC | Умеренно холодное лето | | Умеренно холодная зима | |
| летнее пальто | костюм, плащ | Арктическая | зимнее пальто |
| IIA | Умеренно тёплое лето | | Очень суровая зима | |
| костюм, плащ | летняя одежда | теплоизоляция одеждой  недостаточна | арктическая |
| IIB | Умеренно тёплое лето | | Суровая зима | |
| костюм, плащ | летняя одежда | утеплённая арктическая | тёплое зимнее пальто |

Продолжение таблицы 9.4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Зона | Одежда лета | | Одежда зимы | |
| Покой стоя | Работа средней тяжести | Покой стоя | Работа средней тяжести |
| IIIA | Тёплое лето | | Очень суровая зима | |
| летняя одежда | очень легкая одежда | теплоизоляция одеждой  недостаточна | арктическая |
| IIIC | Жаркое лето | | Умеренно холодная зима | |
| летняя одежда | очень легкая | Арктическая | зимнее пальто |
| IVB | Жаркое лето | | Суровая зима | |
| очень лёгкая одежда | любая одежда не эффективна | утеплённая арктическая | тёплое зимнее пальто |
| IVC | очень лёгкая одежда | любая одежда не эффективна | Арктическая | зимнее пальто |
| VD | Жаркое лето | | Умеренно мягкая зима | |
| очень лёгкая одежда | любая одежда не эффективна | зимнее пальто | демисезонное пальто |
| VC | Очень жаркое лето | | Умеренно холодная зима | |
| зона тёплого дискомфорта | | Арктическая | зимнее пальто |
| VD | Очень жаркое лето | | Умеренно мягкая зима | |
| зона тёплого дискомфорта | | зимнее пальто | демисезонное пальто |
| VE | Очень жаркое лето | | Мягкая зима | |
| зона тёплого дискомфорта | | демисезонное пальто | |

В качестве вероятностной характеристики рассчитана обеспеченность чисел КЛО. Под обеспеченностью характеристик одежды, выраженной в КЛО, следует понимать процентное отношение количества лет с числами КЛО, обеспечивающими тепловой комфорт в климатических условиях конкретного периода времени и с числами КЛО ниже этого предела, но также оптимальными, хотя и меньшего периода, к общему числу анализируемых лет. В этой характеристике лучше всего проявляется возможность изменения теплоизоляции одежды в зависимости от климатических условий (т. е. можно расстегнуться, снять, часть одежды и пр.).

Биоклиматическое районирование территории имеет большое практическое значение: оно позволяет обоснованно планировать потребление одежды в различных климатических зонах, учитывается при разработке соответствующих ГОСТов. Данные биоклиматического районирования необходимы для обоснования мероприятий по расширению зоны комфорта с помощью технических и других средств.

Одежда, сконструированная с учетом климатических особенностей, необходима для освоения новых районов и успешной акклиматизации. Данные расчетов характеристик одежды нужны для изготовления специальной одежды, которая могла бы смягчить влияние метеорологических факторов, приводящих к перегреванию и охлаждению организма человека. Созданием такой одежды для работников гидрометеослужбы занимались по изложенному методу теплового баланса в последние годы сотрудники Арктического и Антарктического научно-исследовательского института по заданию Государственного комитета по гидрометеорологии и контроля природной среды. В настоящее время не решена задача о нестационарных условиях термического режима тела человека.

Решение этой задачи значительно расширит границы применения расчетного метода теплового баланса тела человека и позволит решить вопрос о нормировании времени пребывания человека на открытом воздухе.

В определенных случаях метеорологические факторы могут вызывать патологические сдвиги и процессы в организме человека (горная болезнь, тепловой удар, нарушение функций сердечно-сосудистой системы и т. д.).

Для целей планирования и нужд здравоохранения необходимо иметь данные о термических условиях различных географических районов. Для работников здравоохранения и медицины требуются также сведения о метеорологических условиях, вызывающих патологические состояния у человека.

*Уравнение теплового баланса тела человека.* В условиях стационарного режима, когда температура тела сравнительно мало меняется во времени, расход тепла с поверхности тела равен приходу тепла к нему в виде собственной теплопродукции и солнечной радиации.

Вытекающее из закона сохранения энергии уравнение теплового баланса в общем виде записывается так: , , где Ro – радиационный баланс тела человека, М – теплопродукция; LE – затраты тепла на испарение (L – скрытое тепло испарения, Е – скорость испарения); Р – турбулентный теплообмен между поверхностью тела и атмосферным воздухом; R' – затрата тепла длинноволновым излучением; В – затрата тепла на нагревание вдыхаемого воздуха и на насыщение его водяным паром при испарении с поверхности легких.

При этом считается, что теплопродукция (М) всегда положительная величина, а радиационный баланс (R) положительный, если он характеризует приток лучистого тепла. Остальные члены уравнения баланса положительные, если они соответствуют затратам тепла. В уравнении теплового баланса не учтена величина теплообмена с подстилающей поверхностью, так как она намного меньше основных форм расходования тепла.

Величина В в уравнении значительно меньше других членов. Однако при температуре воздуха –40° С затрата тепла при дыхании составляет около 20% от других теплопотерь организмом человека, находящегося в покое.

Учет влияния одежды был сделан в результате совместного рассмотрения уравнений, составленных для поверхности тела под одеждой и для внешней поверхности одежды. Первое из этих уравнений можно записать в виде: 

Скорость испарения с поверхности тела определяется по формуле , а турбулентный теплообмен по формуле , где D' – коэффициент, характеризующий средние теплопроводные свойства одежды; ρ – плотность воздуха; es – удельная влажность воздуха, насыщенного водяным паром, при средней температуре кожи ts; ех и tx –средняя удельная влажность и температура воздуха на уровне поверхности одежды; ср–теплоемкость воздуха при постоянном давлении; а – коэффициент, показывающий, во сколько раз скорость испарения с поверхности тела меньше скорости испарения с равной влажной поверхности.

Уравнение теплового баланса для уровня внешней поверхности одежды выражается в форме: 

В этом уравнении Ro обозначает радиационный баланс, вычисленный в предположении, что температура поверхности равна температуре воздуха. Второй член левой части уравнения обозначает поток тепла, приходящий от тела к внешней поверхности одежды. В правой части уравнения первый член характеризует потери тепла с поверхности одежды путем турбулентного теплообмена, а второй – длинноволновым излучением. В этих выражениях D обозначает коэффициент, характеризующий диффузию тепла в атмосферный воздух; t – температуру воздуха; s – коэффициент, характеризующий отличие свойств излучающей, поверхности от свойств абсолютного черного тела; σ – постоянная Больцмана.

Учтено также, что поток водяного пара при прохождении через одежду не меняет своей величины: , где е – удельная влажность воздуха.

Из этих формул составляется уравнение теплового баланса тела человека, защищенного одеждой:





В последнем уравнении множитель при Ro характеризует влияние одежды на поток тепла, направленный к коже или в обратном направлении. Величина этого множителя зависит главным образом от характеристик одежды.

При условии, что человек не защищен одеждой, т. е. при D'=∞, уравнение его теплового баланса имеет вид:



Формулы используются для расчета средней температуры кожи ts по данным обычных метеорологических наблюдений за температурой воздуха, влажностью воздуха, скоростью ветра и при известном радиационном балансе. При заданном значении средней температуры кожи можно рассчитать величину D', характеризующую теплопроводные свойства одежды. Эта характеристика также служит объективным показателем влияния метеорологических факторов на термический режим человека. Поэтому теплозащитные свойства одежды являются не только мерой теплового состояния, но и комплексной оценкой климатических условий. Вычисленные из уравнения значения D' связаны с другой характеристикой теплоизоляции, одежды – числом КЛО соотношением 

***9.2. Уравнение радиационного баланса тела человека***

Радиационный баланс представляет собой сумму радиационных коротковолновых и длинноволновых потоков тепла, поступающих на поверхность тела человека. Величина радиационного баланса, равная разности поглощенной коротковолновой солнечной радиации и эффективного длинноволнового излучения, рассчитывается по формуле , где Sb, qb и rb – прямая, рассеянная и отраженная от земной поверхности солнечная радиация, поступающая на человека, находящегося в вертикальном положении; а – альбедо поверхности одежды или кожи человека; Ib –эффективное длинноволновое излучение.

Выражение для суммарной коротковолновой солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность тела человека, имеет вид 

Лучистый теплообмен между вертикальной поверхностью и атмосферным воздухом происходит с полусферы небесного свода. В этом случае количество рассеянной радиации, поступающей на единицу вертикальной поверхности, равно половине рассеянной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность: 

Величина rв также равна половине отраженной земной поверхности суммарной солнечной радиации: , где а – альбедо земной поверхности, S' – прямая солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность.

Эффективное излучение на единице вертикальной поверхности составляется из половины эффективного излучения земной поверхности и дополнительного влияния разности температуры между .поверхностью тела, воздухом и подстилающей поверхности. Выражение для расчета Ib имеет вид  или , где to – температура подстилающей поверхности.

Учитывая это, уравнение радиационного баланса единицы вертикальной поверхности тела человека записывается в виде: , где h – высота солнца. Iо вычисляется по формуле , где с – коэффициент, учитывающий влияние облачности на излучение; n – общая облачность, выраженная в долях от единицы; е–упругость водяного пара, содержащегося в воздухе в миллиметрах. Средняя величина альбедо поверхности тела принимается равной 0,30.

Использование значений средней температуры кожи для оценки влияния чрезмерно жарких термических условий может дать ошибочные результаты.

Поэтому для расчета теплообмена между телом и средой в жарких условиях Б.А. Айзенштат в 1965 году предложил использовать метод черного шара.

Температура черного шара измеряется по термометру, помещенному внутрь бронзового зачерненного снаружи шара, диаметр которого 15 см. Шар подвешивается на высоте 1,5 м от поверхности и находится под влиянием температуры воздуха, скорости ветра и потоков коротковолновой и длинноволновой радиации. По значениям температуры шара определяют количество влагопотерь с поверхности кожи. В комфортных термических условиях влагопотери потоотделением равны 50–70 г/ч, в теплых условиях 200–300 г/ч, в жарких 400–500 г/ч, в экстремальных превышают 1000 г/ч.

Температуру черного шара можно рассчитать по выражению, полученному из уравнения его теплового баланса:





где А –альбедо шара, k – коэффициент, характеризующий турбулентный теплообмен; . Значения  следующие:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t, oC | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|  | 0,0036 | 0,0040 | 0,0044 | 0,0048 | 0,0050 | 0,0051 |

Значения функции скорости ветра f(v), произведения kf(v) и величины k, f(v) +  для различных значений скорости ветра приведены в таблицах 9.5 и 9.6.

Таблица 9.5 – Значения параметров уравнения теплового баланса черного шара

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Скорость ветра, м/с | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10 |
| f(v) | 1795 | 2100 | 2527 | 2847 | 3117 | 3354 | 3568 | 3764 | 3945 | 4116 | 4277 |
| k(v) | 0026 | 00304 | 00366 | 00413 | 00452 | 00486 | 00517 | 00546 | 00572 | 00579 | 0622 |
| k(v)+β | 0036 | 00404 | 00466 | 00513 | 00522 | 00586 | 00617 | 00646 | 00672 | 00697 | 0720 |

Таблица 9.6 – Зависимость испарения с поверхности кожи (Е) при скорости ветра 1 м/с от температуры черного шара (tm)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| tш, оС | 35 | 40 | 50 | 60 |
| Е, г/ч | 150 | 400 | 1000 | 1500 |

*Определение затрат тепла в процессе дыхания.* Потери тепла, затраченные при дыхании, можно определить по выражению , где W – объем вентиляции легких л/мин, ел – упругость водяного пара вдыхаемого воздуха, tл –температура выдыхаемого воздуха, Р и Ро – давление атмосферного воздуха (Ро= 1000 мбар).

Использование выражения для расчетов представляет большие трудности из-за отсутствия данных о W, eл и t. Приближенно величину затрат тепла при дыхании можно оценить по температуре воздуха и относительной влажности воздуха (таблица 9.7).

Таблица 9.7 – Затраты тепла на дыхание E (кал/см2 мин) при различных температурах (t) и относительной влажности воздуха (f, %)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F | Температура | | | | | | | | | |
| –50 | –40 | –30 | –20 | –10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 10 | 0,02 | 0,02 | 0,018 | 0,0166 | 0,0152 | 0,0134 | 0,0118 | 0,0102 | 0,0086 | 0,0070 |
| 30 | 0,02 | 0,02 | 0,018 | 0,0164 | 0,0152 | 0,0133 | 0,0114 | 0,0096 | 0,0079 | 0,0062 |
| 50 | 0,02 | 0,02 | 0,018 | 0,0164 | 0,0150 | 0,0129 | 0,0110 | 0,0092 | 0,0070 | 0,0052 |
| 70 | 0,02 | 0,02 | 0,018 | 0,0162 | 0,0148 | 0,0124 | 0,0103 | 0,0082 | 0,0062 | 0,0042 |
| 90 | 0,02 | 0,02 | 0,018 | 0,0162 | 0,0144 | 0,0120 | 0,0098 | 0,0076 | 0,0054 | 0,0032 |
| 100 | 0,02 | 0,02 | 0,018 | 0,0162 | 0,0150 | 0,0116 | 0,0094 | 0,0073 | 0,0052 | 0,0026 |

В результате расчетов оценено влияние каждого метеорологического фактора на тепловой баланс и тепловое состояние человека. Для этой цели был выполнен дисперсионный анализ характеристик теплового состояния человека – средней температуры кожи и показателя теплозащитных свойств одежды – чисел КЛО. Для различных случаев составлены уравнения регрессии. Регрессионно-дисперсионный анализ, проведенный для различных климатических районов территории СНГ, показал, что основными факторами теплового состояния человека для всех сезонов года являются температура воздуха, скорость ветра, прямая и рассеянная солнечная радиация. Из них наиболее существенной оказалась температура воздуха, а значимость остальных метеорологических факторов изменяется в зависимости от выполняемой физической нагрузки и времени года.

*Географическое распределение радиационного баланса поверхности тела человека.* По данным расчетов построены карты распределения радиационного баланса тела человека на территории бывшего СССР для четырех месяцев года. На территории бывшего СССР зимой радиационный баланс меняется от значений, близких или равных нулю в северных районах, до 0,3–6,4 кал/см2-мин в южных районах Средней Азии.

Весной радиационный баланс имеет максимальные значения. Наибольшие из них равны 0,4–0,5 кал/см2 мин в северных районах. Это связано с влиянием альбедо снежного покрова на величину отраженной солнечной радиации при сравнительно небольших высотах солнца.

Летом на всей территории СНГ радиационный баланс изменяется в диапазоне 0,20–0,30 кал/см2-мин. Наиболее низкие значения радиационного баланса – в районах с высокой повторяемостью облачности.

Южнее широты 50° радиационный баланс в течение года почти не меняется и равен 30–40 кал/см2 мин. Относительное значение тепла солнечной радиации для теплового баланса человека в различных климатических районах можно оценить путем сопоставления величины радиационного баланса с собственной теплопродукцией человека. В результате такой оценки выяснилось, что в летний день на всей территории СНГ количество солнечного тепла, которое получает человек, не защищенный одеждой, равно его теплопродукции при выполнении работы средней тяжести.

В тепловом балансе одетого человека в зависимости от теплоизоляции одежды используется всего лишь от 10 до 40% солнечной радиации, определенной как радиационный баланс. Эффективная часть радиационного баланса зависит как от теплозащитных свойств одежды, так и от скорости ветра. При скорости ветра, примерно равной 6 м/с, тепловой эффект солнечной радиации сводится к нулю. Это происходит в результате усиления турбулентного теплообмена между поверхностью нагретой одежды и атмосферным воздухом.

***9.3. Биоклиматические индексы***

Биоклиматические индексы в физическом отношении характеризуют особенности тепловой структуры среды и являются косвенным индикатором состояния теплового поля, окружающего человека.

В зависимости от сочетания элементов, входящих в биоклиматические индексы, их условно можно разделить на температурно-влажностные, температурно-ветровые, температурно-влажностно-ветровые и т.д. Поскольку основной составляющей индексов является температура воздуха, то учет эффекта воздействия относительной влажности, скорости ветра, радиации и т.д. выражается в поправке к температуре наружного воздуха, объективизирующей теплоощущения человеческого организма и состояние оценки комфортности или дискомфортности окружающей среды.

В биоклиматических исследованиях чаще всего используется метод эффективных температур (ЭТ).

ЭТ учитывают совместное влияние температуры и влажности воздуха и могут быть определены по формуле , где t – температура воздуха, °С; е – упругость водяного пара, содержащегося в воздухе, мбар.

Одинаковое теплоощущение можно испытывать при самых различных сочетаниях метеорологических элементов. Установлен ряд сочетаний температуры и относительной влажности воздуха, при которых эффект теплоотдачи и теплоощущения будет одинаковым. Их принято выражать в градусах температуры насыщенного водяными парами неподвижного воздуха – в градусах эффективной температуры (ЭТ°). Так, неподвижный воздух с влажностью *f*=50% при температуре 20,7°С будет таким же образом влиять на теплоотдачу и теплоощущение, как и насыщенный (при *f*=100%) воздух с температурой 17,8°С.

Эффект одинакового теплоощущения в неподвижном воздухе сохраняется при следующих сочетаниях *Т* и *f*:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T*, 0C | 17,8 | 18,9 | 20,1 | 20,7 | 21,7 | 3,22 | 23,2 |
| *f*, % | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |

Эффективные температуры получили широкое распространение в практике оценок тепловых нагрузок, дискомфортности или комфортности среды. В зависимости от сезона года категории тепловых нагрузок оцениваются по ЭТ следующим образом:

а) для теплого сезона;

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| + ЭТ 0 | более 30 | 30–24 | 24–18 | 18–12 | 12–6 | 6–0 |
| Теплоощущение | очень жарко | Жарко | тепло | умеренно тепло | Прохладно | умеренно |
| нагрузка | сильная | умеренная | комфортно | комфортно |  |  |

б) для холодного сезона

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| – ЭТ0 | 0 – –12 | –12 – –24 | –24 – –30 | ниже –30 |
| теплоощущение | холодно | очень холодно | крайне холодно | крайне холодно |
| нагрузка | умеренная | сильная угроза обмораживания | Очень сильная | чрезвычайно высокая вероятность замерзания |

По эффективным температурам, в частности, оцениваются категории опасности при тепловом синдроме (таблица 9.8).

*Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ)* является комплексным показателем теплоощущения человека, которое складывается под влиянием трех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. Эффект теплоощущения такой же, как при действии неподвижного, полностью насыщенного влагой воздуха при определенной температуре.

Таблица 9.8 – Категории опасности при тепловом синдроме в зависимости от эффективной температуры ()

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *ТЭТ*0С | Тепловой синдром и его следствия | Категория  Опасности |
| Выше 54 | Непосредственная угроза теплового или солнечного удара | Чрезвычайная опасность |
| 40–54 | Вероятность солнечного удара, тепловых спазм или теплового истощения. Возможность теплового удара при длительном воздействии и физической деятельности | Опасность |
| 32–40 | Возможность солнечного удара, тепловых спазм и теплового истощения при длительном воздействии и физической деятельности | Чрезвычайная осторожность |
| 27–32 | Возможность повышенной утомляемости при длительном воздействии и физической деятельности | Осторожность |

Для расчетов ЭЭТ необходимо иметь три параметра: температуру воздуха t, температуру смоченного термометра t' и скорость ветра v м/с.

В подвижном воздухе (при *V* > 0,2 м/с) интенсивность теплоотдачи усиливается. Возможны разнообразные сочетания *Т°С, V* м/с, *f* %, при которых степень теплоощущения будет одинакова и соответствовать теплоощущениям при полном насыщении влагой воздуха (*f* = 100%) и полном отсутствии ветра (*V*=0).

Формула для расчетов ЭЭТ получена А. Б. Айзенштатом и Б.А.  Айзенштат. В этой формуле ЭЭТ является функцией t, v и относительной влажности r. Формула имеет следующий вид:





В таблице 9.9 приведены категории теплоощущений, комфортности, границы зоны охлаждения и перегрева эквивалентно-эффективной температуры.

Таблица 9.9 – Категории теплоощущения в градусах ЭЭТ в условиях умеренных широт

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категория теплоощущения | ЭЭТ для человека | |
| раздетого | Одетого |
| Комфортно | 17,3–21,7 | 16,7–20,6 |
| Зона охлаждения | ниже 17,3 | ниже 16,7 |
| Зона перегрева | выше 21,7 | выше 20,6 |

Наибольший интерес представляет зона комфорта. Ее можно определить как совокупность метеорологических условий, в которых человек получает субъективно хорошее теплоощущение, удерживает нормальный теплообмен, сохраняет нормальную температуру тела и не выделяет пота. По повторяемости оценок ЭЭТ в пределах 17–22°С определяют потенциальные климатолечебные ресурсы местности: менее 30% – минимальные, 30–50% – достаточные, 50–70% – оптимальные, более 70% – наиболее оптимальные. Чем больше условия среды отличаются от комфортных, тем ограниченнее круг лиц, которым можно рекомендовать отдых и лечение в таком климате.

В.Ю. Милевский исследовал распределение ЭЭТ на Европейской территории Советского Союза для условий летнего дня.

В результате корректировки ЭЭТ в отношении учета влияния теплозащитных свойств одежды создана шкала нормально-эквиваленто-эффективных температур (НЭЭТ), используемая для оценки теплоощущения человека, защищенного летней одеждой одного типа. Границами комфортных условий, установленными по шкале НЭЭТ для США, являются 17,2 и 21,7° С. Учитывая более северное положение территории бывшего СССР и акклиматизацию жителей для этой территории приводятся свои зоны комфорта. Верхняя граница НЭЭТ составляет 18°, а нижняя – от 6 до 13,5°.

Для аналитической оценки теплоощущений одетого человека И.В. Бутьевой предложена формула «нормально-эффективной температуры» (*НЭЭТ*): .

*Радиационио-эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ)* учитывает воздействие на человека четырех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха, скорости ветра и поглощенной радиации.

Согласно Е.Г. Головиной и В.И. Русанову *РЭЭТ* может определяться по эмпирической формуле: , где  – поглощенная поверхностью тела солнечная радиация в квт/м2; =0,28, =0,11 – альбедо пигментированной и непигментированной кожи,  – интенсивность солнечной радиации.

Этот показатель также может быть рассчитан по формуле И.В. Бутьевой: .

*Биологически активная температура внешней среды* (БАТ) определяет воздействие на тело человека температуры воздуха, влажности воздуха, скорости ветра, суммарной радиации и длинноволновой радиации подстилающей поверхности. БАТ оценивается по формуле: .

Пределы разных индексов эффективных температур, соответствующих условиям комфорта теплоощущения иллюстрируются таблице 9.10.

Таблица 9.10 – Пределы градусов комфорта по ЭТ, ЭЭТ, РЭЭТ для раздетого и одетого человека в условиях умеренных широт

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Для человека | *ЭТ* | *ЭЭТ (НЭЭТ)* | *РЭЭТ* |
| Раздетого | 22,5–24,5 | 17,3–21,7 | 20,3–24,7 |
| Одетого | – | (16,7–20,6) | 19,7–23,6 |

Здесь отметим, что указанные пределы комфортности в существенной мере зависят от типа климата, времени проживания в нем человека, его возраста, состояния здоровья и других факторов.

Попытки связать наиболее важные факторы внешней среды, оказывающие термическое влияние на человека, в единый показатель нашли свое выражение также в ряде индексов.

К индексам, родственным ЭТ, используемым для оценки теплоощущений, следует также отнести:

– температурно-влажностный индекс Тома (*ТВИ*), использующийся в США: *ТВИ) = 0,4 + 15*

– индекс, применяемый в Японии: *ДУ = 0,99Т + 0,36Td + 41.*

Символы , , *Td* – соответственно температура сухого, смоченного термометра и точки росы. Нормальные теплоощущения приходятся на оценки индексов *ТВИ<70* и *60<ДУ<70*.

*Индексы холодового дискомфорта.* Если в эффективных температурах оценки теплового ощущения температуры наружного воздуха объективизируются в основном за счет влажности, то в индексах холодового стресса эффект теплоощущения и дискомфорта в основном уточняется поправкой на скорость ветра. С ветром связаны метели, снежные заносы, ухудшение видимости. Из-за возможности обморожения, сокращаются периоды работы на открытом воздухе. В этих условиях требуется специальная одежда, эффективное отопление, специализированный режим труда и отдыха. Наиболее употребительные индексы холодового стресса.

1. Ветровой индекс охлаждения Сайпла-Пассела (*Н*, вт/м2); 

2. Индекс ветрового (сухого) охлаждения Хилла ( вт/м2);  , где – температура среды, *V* – скорость ветра.

Индексы ,  характеризуют теплопотери единичного открытого участка кожи при температуре кожи =33°С или взвешенной температуре тела = 36,6°С и пропорциональны разности между упомянутыми ,  и температурой наружного воздуха ().

По индексу , теплоощущение оценивается по следующим категориям, вт/м2 в час: менее 0,7 – прохладно, 1,2 – очень холодно, более 3,0 – невыносимый холод. Теплоощущение условий среды по индексу  разделяются так: менее 0,35 – жарко, 0,6–0,9 – комфортно, более 1,7 – холодно, более 2,3 вт/м2 – экстремально холодно. Случаи обмораживания отмечаются при >1,6 вт/м2, при более 0,7 вт/м2.

3. Индекс ветрового влажного охлаждения Хилла (, вт/м2), учитывает поправку к индексу  за счет упругости водяного пара (*е*): 

Индекс  характеризует интенсивность потерь тепла во влажном движущемся потоке воздуха. При отрицательных и при весьма высоких положительных температурах (более 24°С) ветровой поток усиливает состояние дискомфорта. При  = 4,5–5,5 вт/м2∙с погодные условия зимы считаются дискомфортными, при  > 8,0 вт/м2∙с – абсолютно дискомфортными.

4. Показатель суровости климата Бодмана, определяемый по выражению , где S – суровость (жесткость) погоды в условных единицах.

Классификация суровости зим выполняется по следующим градациям суровости: s<1,0 – мягкая, 1,0–2,0 – малосуровая, 2,1–3,0 – умеренно суровая, 3,1–4,0 – суровая, 4,1–5,0 – очень суровая, 5,1–7,0 – жестко суровая и >7,0 – крайне суровая.

Например, одинаковый эффект охлаждения *ЭШТ* = –15,5°С будет иметь место при следующих сочетаниях отрицательных температур и скорости ветра: *Т*= –10°С, *V*= 1 м/сек и *Т*= –15,5°С и *V*= 0 м/сек. Для этого вводятся поправки на скорость ветра к отрицательным температурам (таблица 9.11).

Таблица 9.11 – Отрицательные поправки (∆t°C) к отрицательной температуре наружного воздуха () в зависимости от скорости ветра

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V м/с | 0,01 | 0,25 | 0,60 | 1,07 | 2,16 | 5,34 | 22,9 |
| ∆t °C | 0 | –2,7 | –4,5 | –5,5 | –6,4 | –7,3 | –8,2 |

*Индексы суровости и континентальности климата.*Среди индексов, относящихся к рассматриваемой категории, прежде всего, следует отнести упомянутые выше индекс жесткости погоды Бодмана (*S*) и индекс приведенной температуры () – Адаменко-Хайруллина. Отметим, что последний, учитывает помимо эффекта ветра отепляющее воздействие радиацией открытых частей тела и, по-видимому, является более объективной оценкой теплоощущения в смысле оценки дискомфортности холодного периода, сравнительно с индексом Бодмана. Кроме того, в формуле Бодмана не учитывается абсолютная высота местности над уровнем моря (), сезонная изменчивость относительной влажности , суточных амплитуд температуры воздуха () и скорости ветра (). Исследовав влияние упомянутых факторов, В.И. Осокин ввел уточняющие коэффициенты в индекс Бодмана, получив соотношение –   


По оценкам  суровость зим по В.И. Осокину оценивается баллами «суровости»: менее 1,0 – мягкая; 1–2–мало-суровая; 2,1–3,0–умеренно-суровая; 3,1–4,0–суровая; 4,1–5,0–очень суровая; 5,1–7,0 – жестоко суровая; более 7 – крайне жестоко суровая. По категориям  на Русской равнине зима бывает преимущественно мало-суровой, в Северной Азии – суровой и очень суровой, а на северном побережье Арктики и в высокогорьях Азии – жестоко суровой.

Для оценки суровости климата северных и горных территорий применяются биоклиматический индекс суровости метеорежима В.Ш. Белкина (*БИСМ*): , где *Р*, *Т*, *V* – соответственно давление, температура воздуха, скорость ветра, т, К – соответственно коэффициенты влияния относительной влажности и прямой солнечной радиации. Необходимо отметить, что этот индекс является относительно универсальным, т. к. позволяет учитывать влияние на организм человека не только низких температур, но и жарких условий полупустынных и пустынных районов, а также избыток ультрафиолета в горах и его дефицит в арктических широтах. Чем меньше *БИСМ*, тем больше дискомфортность климата. В условиях абсолютно дискомфортного климата *БИСМ* колеблется в пределах 4,00–4,99 условных единиц, для экстремально-дискомфортных условиях в пределах 5,00–6,99, в дискомфортных условиях в пределах 6,0–6,99 условных единиц.

Обычно области наибольшей климатической суровости совпадают с районами наиболее существенной повторяемости (45–65% дней за год) низких температур воздуха (Т<–10°С) и областями наибольшей континентальности климата (*К*). Для оценки *К*, предложен ряд индексов. Так индекс Л. Горчинского () рассчитывается по формуле: где  – локальная годовая амплитуда температуры, выражение  тождественно средней годовой амплитуде температуры над океаном в зоне между 30 и 60° широты (). Коэффициент *С* оценивается исходя из предположения, что средняя континентальность над океаном (при  =125) равна нулю, а в Верхоянске – 100. После этого формула принимает вид: .

При этом условно считается, что для резко континентального климата *К* изменяется от 67 до 100%, для континентального климата – от 34 до 65%, для переходного и морского климата от 0 до 33%.

***9.4. Медицинская климатология***

Медицинская климатология является отраслью прикладной климатологии, так как она изучает климатические факторы.

На организм действует комплекс метеорологических условий. Кроме того, может проявляться доминирующее влияние одного из метеорологических факторов. Так, при быстром падении атмосферного давления, сопровождающемся похолоданием, возрастает количество лейкоцитов; гемоглобина больше зимой, чем летом; количество крови уменьшается в холодное полугодие. Резкие смены погоды приводят к гипертоническим кризам, сосудистым катастрофам (инсульты, инфаркты) и т. д.

*Температура воздуха.* При действии на организм чрезмерно высоких и низких температур может наступить перегревание и переохлаждение организма, т. е. нарушение функций регуляции тепла. Длительное воздействие низких температур вызывает повышение обмена веществ и сужение кожных капилляров, что проявляется в снижении температуры кожи.

При высоких температурах воздуха происходит учащение пульса и умеренное снижение давления крови.

*Реакции на перегрев.*Физиологическая реакция на перегрев состоит в немедленном увеличении высвобождения тепла организмом через систему кровообращения и потоотделения (таблица 9.12). Поступающее к поверхности тела избыточное тепло рассеивается за счет увеличения конвекции и излучения.

Таблица 9.12 – Фоновая динамика обмена и реакции человеческого организма в зависимости от температуры окружающей среды

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Реакция организма | Температура среды, 0С | | | |
| менее 15 | 15–20 | 25–30 | Более 30 |
| Динамика обмена организма с окружающей средой | аномально повышается | относительно нормальная | понижается | аномально повышается |
| Реакция кожи, дыхания, состояния сосудов | сужение сосудов, дрожь, уменьшение частоты дыхания | относительно нормальное состояние | | расширение сосудов, потовыделение, учащение дыхания и сердечного сокращения |
| Реакция пищеварительной системы | повышение аппетита, понижение водопотребления | понижение водопотребления | | понижение аппетита,  усиление водопотребления |
| Характер компенсации для сохранения гомотермии | уменьшение разности температур воздуха и кожи тела, уменьшение теплового излучения | стабильное состояние разности температуры воздуха и кожи | | увеличение температуры тела, возрастание теплового излучения, рост потери тепла за счёт испарения |

Следует подчеркнуть, что повышение обмена происходит не только при пониженных (ниже 15°С), но и при повышенных температурах (более 30°С), что связано с необходимостью компенсации перегрева за счет усиленного потоотделения.

Если указанные процессы недостаточны, то для сохранения гомотермии тела подключается система потоотделения, интенсифицируется теплоотдача испарением пота. Она зависит от разности давлений паров воды на поверхности кожи и воздуха, от количества потовых желез, функционирующих при потоотделении.

Как свидетельствуют данные таблицы 9.13 число потовых желез на различных участках тела у расовых групп неодинаково: у жителей во влажном тропическом климате их существенно больше, чем у жителей умеренного и субтропического климата.

Таблица 9.13 – Число потовых желез на 1 см2 поверхности тела у мужчин разных расовых групп населения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расовые группы | Части тела | | | | |
| живот | рука, кисть | Плечо | бедро | Стопа (тыльная сторона) |
| Европейцы (умеренный  и субтропический климат) | 69 | 206 | 85 | 59 | 132 |
| Африканцы (влажный экваториальный климат) | 94 | 240 | 119 | 85 | 175 |

Суть физиологических приспособлений приезжих из холодного климата в жаркий климат прежде всего заключается в улучшении терморегуляции через ускорение потоотделения и возрастание теплоотдачи путем испарения с поверхности кожи. При этом возможная потеря воды 1 л в 1 час будет эквивалентна отдаче тепла примерно 250 кДж/тела/час.

*Реакции на охлаждение.*Для сохранения гомотермии тела организм стремится увеличить количество вырабатываемого тепла и уменьшить теплоотдачу составляющих расхода за счет конвекции и излучения. Основной обмен в холодных климатах, по сравнению с его величиной в тропических условиях, возрастает (у эскимосов до 30%). Для жизни в холодном климате у человека и животных действует добавочная «изоляция тела», предохраняющая утечку тепла за счет более толстого подкожного слоя жира. Кроме того, возможна дополнительная искусственная теплоизоляция одеждой. Изоляция одеждой в 1 КЛО эквивалентна теплоизолирующему действию слоя неподвижного воздуха около 0,6 см. Она понижает уровень критической температуры воздуха, после которой необходима интенсификация обмена веществ для предотвращения выхода и сохранения состояния гомотермии тела.

На холоде количество вырабатываемого организмом тепла может увеличиваться за счет дрожи. При дрожи вырабатывается больше тепла, чем в состоянии покоя. Дрожь возникает вследствие рефлекторной стимуляции регулирующего центра мозга (находящегося в гипоталамусе) на уменьшение температуры кожи.

*Влажность воздуха* как биоклиматический фактор имеет различное значение. Во-первых, ею в значительной мере определяется величина парциального давления кислорода; во-вторых, влажность воздуха влияет на радиационные условия; в-третьих, от нее зависит потеря жидкости в организме. Физиологический дефицит влажности воздуха определяется формулой Дорно: ,, где Еф – физиологическая влажность воздуха, численно равная максимальному давлению водяного пара при температуре тела, PН2О–давление водяного пара воздуха. По мере увеличения высоты dф быстро растет, поэтому горный воздух отличается большой сухостью. По-видимому, влажность воздуха влияет на географическую дифференциацию условий возникновения горной патологии.

Движение воздуха является фактором, способным существенно изменять скорость теплоотдачи организма. Ветер, приводя к раздражению нервных окончаний (рецепторов) кожи, может вызывать обострения сердечно-сосудистых заболеваний.

*Барометрическое давление* и его колебания оказывают влияние на организм двумя путями: способствуют изменению насыщения крови кислородом и механически влияют на рецепторы тела (плевры, брюшины), а также сосуды.

Колебания барометрического давления отражаются на содержании эритроцитов, уровне артериального давления, частоте пульса.

В современном обществе сердечно-сосудистые заболевания являются наиболее распространенными. Сердечно-сосудистая система в огромной мере определяет жизненные функции организма.

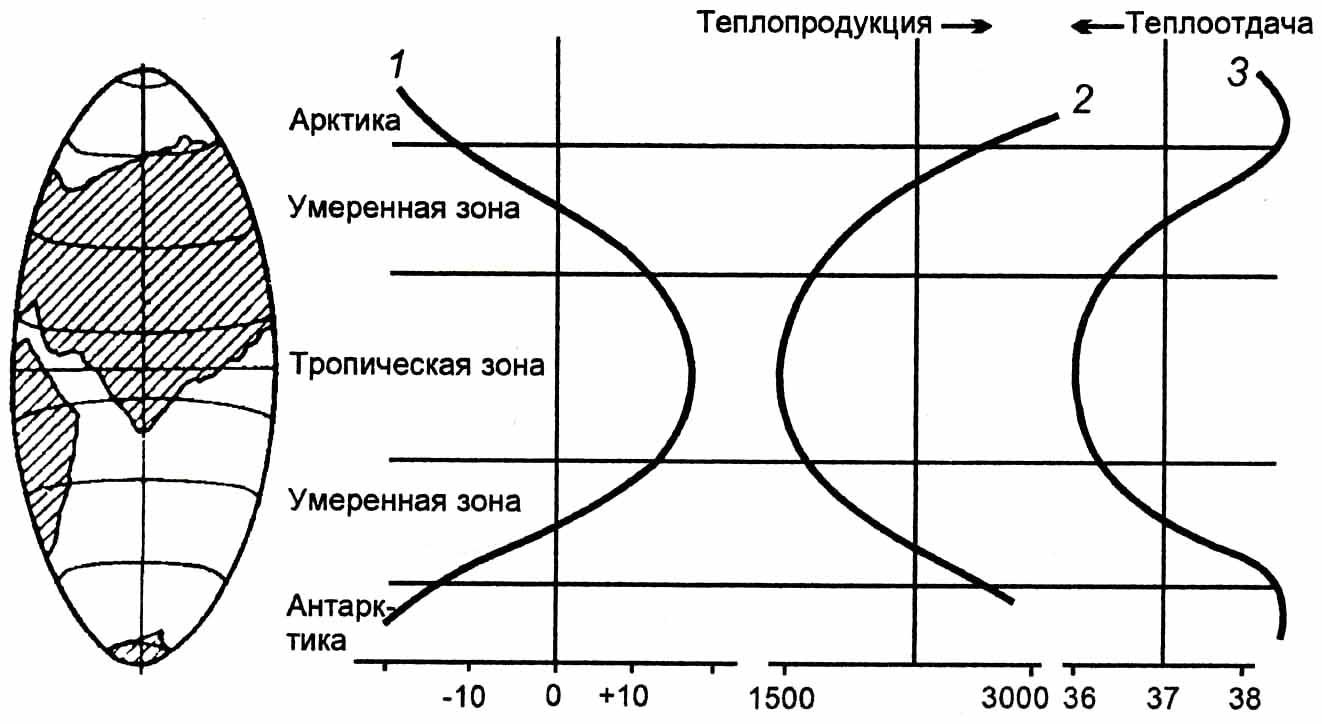
При исследовании зависимости между сердечно-сосудистыми заболеваниями и изменениями давления учитывается синоптическая обстановка. Так, обострение гипертонической болезни и учащение приступов стенокардии и случаев нарушений мозгового кровообращения происходит чаще всего в осенний и зимний периоды. Частота вызовов к больным сердечно-сосудистой системы максимальная при приближении циклонов и ложбин.

*Роль формы, общих размеров и частей тела.*На начальных этапах эволюционной адаптации у человека преобладают обменные изменения, которые в последующем уступают место морфологическим перестройкам.

Размеры и формы тела в какой-то степени влияют на интенсивность теплообмена. Теплоотдача за счет конвекции и испарения пропорциональна поверхности тела.

Меньшие по размерам индивидуумы (особенно с удлиненной формой тела) обладают относительно большей единичной площадью тела, участвующего в рассеянии тепла путем конвекции или испарения: отдача тепла на единицу поверхности у них больше.

Рисунок 9.2 иллюстрирует результирующие положения исторической адаптации человека на примере географического сравнения среднегодовой температуры воздуха, с морфофизиологическими характеристиками – основным обменом и индексом Рорера (отношением массы к кубу длины (вес/длина3) человеческого тела). Этот морфологический показатель характеризует потенциальную возможность организма к теплоотдаче. Очевидна широтная сопряженность сравниваемых характеристик: с ростом среднегодовой температуры теплопродукция уменьшается.



**Рис. 9.2.**  ***Динамика основного обмена, отношение массы к поверхности тела человека по основным климатическим зонам.***

***1– средняя годовая температура, °С; 2 – основной обмен, ккал/сут; 3 – отношение веса тела к длине человеческого тела, г/м3***

Уменьшение теплопродукции (*J*) с ростом температуры описывается эмпирической формулой Д. Робертса:  где *J* – теплопродукция, *F°* – температура воздуха окружающей среды в градусах Фаренгейта, *S* – площадь, *W* – вес тела. Оказывается, что теплопродукция жителей тропиков составляет 0,9–1,2 кВт/сут, для умеренного пояса – 1,1 –1,3 кВт/сут, а для жителей арктических широт – более 3,0 кВт/сут.

Влияние климатических условий на морфометрические показатели отражается и в так называемых климатических правилах Бергмана, Аллена, Томсона-Бакстона.

По Бергману – размер тела в пределах одного политипического теплокровного вида обычно увеличивается с уменьшением температуры окружающей среды. Аналогичная зависимость обнаруживается между отношением длины тела в сидячем положении к общей длине тела со средней годовой температурой воздуха. По Аллену – в жарком климате у теплокровных животных, относящихся к одному виду, имеется тенденция к увеличению выступающих частей тела. Частным правилом Аллена является правило Томсона и Бакстона: ширина носа в тропическом поясе увеличивается с ростом температуры и влажности воздуха. По свидетельству А. Дейвиса, парные коэффициенты корреляции признаков в Климато – морфометрических правилах для чисто этнических популяций на всей территории земного шара оказываются весьма высокими (порядка 0,6–0,8).

Климато-морфометрические правила основываются, главным образом, на учете влияния температуры воздуха, но не всегда однозначны даже в условиях одного материка. Так в жарком влажном климате морфологическая изменчивость связана в первую очередь с изменчивостью увлажнения, а не с естественной изменчивостью температуры, которая в тропиках невелика. В Юго-Восточной Африке, в районах с высотами более 1000 м над уровнем моря во влажной саванне при испаряемости 950–1200 мм за год обитает наиболее высокорослое население. В областях с затруднением теплоотдачи (во влажном тропическом лесу) при испаряемости 300–700 мм за год, морфологическая адаптация идет по пути уменьшения размеров тела. Примером такого рода адаптации могут служить низкорослые пигмеи, проживающие во влажных экваториальных лесах бассейна Конго.

***9.5. Расово-морфофизиологические признаки и расселение***

*Морфофизиологические признаки.*Как известно, основными признаками расы являются цвет кожи, размеры тела, форма носа и головы, волос и главное – одинаковое количество хромосом. Эти расово-диагностические черты сформировались на заре человеческой истории. Локализация рас по широтным поясам планеты свидетельствует о том, что их типы зависят от условий естественной среды (таблица 9.14). Морфометрические признаки у негроидов и монголоидов на фоне европеоидной расы заметно различаются.

Негроиды имеют более длинные нижние конечности, более короткий корпус, меньшие поперечные размеры туловища. Коренное монголоидное население Сибири отличается укороченным типом строения тела, для которого характерно развитие в ширину и большая плотность тела. В то же время коренные группы тропического пояса, проживающие в Индии, переселившиеся из Индокитая, оставаясь монголоидами континентальной зоны по соотношению длины ног и тела, обнаруживают признаки, сближающие их с негроидной группой: они характеризуются более узким телосложением и значительно меньшей плотностью тела. Морфологические показатели могут зависеть от геохимических условий среды обитания и структуры питания населения, но приоритетная роль принадлежит климату.

Таблица 9.14 – Средние оценки морфологических показателей расовых групп мира

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Признаки | Негроиды  Африки: | Европеои-ды, Индия | Европеои-ды, Россия | Монголои-ды: буряты, якуты. За-байкалье, Якутия | Монголои-ды: Чукотка |
| Длина корпуса к длине тела, % | 44,7 | 45,6 | 46,5 | 46,4 | 46,5 |
| Длина плеча к длине тела, % | 22,1 | 22,6 | 22,7 | 23,1 | 23,4 |
| Ширина таза к длине тела, % | 15,0 | 16,4 | 16,7 | 16,9 | 18,0 |
| Индекс Рорера (вес/длина тела3) | 1,26 | 1,13 | 1,41 | 1,43 | 1,45 |
| Переднезадний диаметр грудной клетки к поперечному,, % | 67,9 | 69,7 | 75,2 | 72,1 | 74,7 |

*Цвет кожи.*В физиологическом отношении различия в цветности кожи следует объяснять, с одной стороны, различиями в толщине кожного покрова (у негров толще), с другой стороны, концентрацией пигмента меланина, регулирующего проникновение доз УФ-радиации.

Анализ пространственного распределения альбедо кожи показывает, что существует отрицательная корреляция между уровнем смуглости кожи и широтой местности.

Максимальные годовые дозы ультрафиолетовой радиации приходятся в северном полушарии на районы тропических полупустынь и пустынь Северной Африки, в южном полушарии – на пустынные районы Австралии и Южной Америки. По классификации Кеппена, эти районы принадлежат к сухому климату .

Примерно так же локализуются наиболее смуглые народности и народы. Особенно сильная темная пигментация кожи имеет место у аборигенов Судана, юга Египта, в Капской области Африки (пустыня Калахари, в Южной Америке пустыня Атакама), у аборигенов в центре Австралии, которые не носили защищающей от солнца одежды.

Региональные условия циркуляции и облачности вносят свой вклад в особенности цвета кожи населения. Так, жители Центральной Азии и Восточной Сибири отличаются от народов на тех же широтах Европы и Западной Сибири более темным цветом кожи.

С преобладающими условиями антициклональной погоды в зимне-весенний период увязывается и более смуглая кожа монголоидных народностей на Арктическом побережье России, Канады, Гренландии. Здесь, кроме того, локальное усиление *УФ*-излучения происходит за счет переотражения радиации ото льда и снега. Даже в тропиках существуют заметные различия в смуглости кожи: племена экваториально-влажных лесов, джунглей (пигмеи) имеют более светлую кожу сравнительно с соседними жителями открытых и полуоткрытых пространств – неграми банту.

*Адаптивные типы климата.* Человек характеризуется изменчивостью морфологических и физиологических признаков, а человеческие популяции – изменчивостью способов и форм приспособления в соответствии с влиянием окружающей среды и, прежде всего, климатом. Это дает основание понятия приспособлений адаптивного типа, характеризующих оценку биологических реакций на условия окружающей среды и находящих внешнее выражение в особенностях человеческой популяции.

Адаптивный тип биологических реакций независим от расовой общности и этнической принадлежности. Расовая общность базируется на общем происхождении всех входящих в нее групп народностей, живущих на определенной территории. Адаптивный тип биологических реакций – это норма реакций, возникающая в популяциях со сходными условиями обитания, которые генетически могут быть не связаны между собой.

Адаптивные реакции в экологическом смысле осуществляются в двух формах – общей и специфической. Общей особенностью адаптивных типов можно считать повышение сопротивляемости организма неблагоприятным воздействия климата или в целом окружающей среде. На физиологическом уровне это выражается в увеличении иммунных фракций сыворотки крови и в увеличении костно-мускульной массы тела. Специфические реакции разнообразны. Это могут быть повышение теплопродукции или относительной поверхности испарения. Именно эти специфические реакции и дают основание дифференцировать морфофункциональные особенности и выделять адаптивные типы климатов идентично понятиям природно-климатических поясов.

Основные расово-диагностические черты имеют приспособительный характер и сформировались в эпоху верхнего палеолита. Адаптивные типы приспособления к климату происходят и совершенствуются на протяжении всей человеческой истории.

Тропический тип приспособлений является наиболее древним, а остальные могут рассматриваться как дочерние.

Таким образом, увеличение массы и плотности тела, усиление обмена и изменение физиологических процессов типичных для населения тропических широт – это признаки приобретенные на более поздних этапах истории адаптации человека при его расселении.

Адаптивные типыприспособления проявляются в первую очередь в признаках, обеспечивающих энергетические возможности организма.

*Адаптивно-климатические типы расселения.*Под адаптивно-климатическими типами расселения понимается последовательность освоения Земли и приспособления первобытного человека к факторам окружающей среды в современных типах климатов.

Можно выделить следующие исторические стадии, в которые преобладали в те или иные адаптивные типы расселения:

1) Стадия аморфной каменной индустрии (3–4 млн. лет назад) – эпоха древнейших людей – австралопитеков.

В этот период происходит выход из тропического леса в саванну. Адаптационный тип расселения – тропический.

2) Нижний палеолит (500–150 тыс. лет назад) – эпоха древних людей.

Преобладают адаптивный тропический и субтропический типы расселения. Заселенное пространство охватывает районы Африки, Юго-Восточной Азии и Южной Европы.

3) Средний палеолит (100–50 тыс. лет назад) – эпоха древних людей – неандертальцев (по названию долины Неандер, в Германии).

Это время дальнейшего расширения заселенного пространства, особенно в северном направлении. Возникает адаптивный тип расселения популяции умеренного климата.

4) Верхний палеолит (30–20 тыс. лет назад) – эпоха первых современных людей (кроманьонцев).

Кроманьонцы жили в «построенных жилищах» – естественных и искусственных пещерах, занимались очаговым земледелием. Они перешли от эволюции биологической к социальной. Это время заселения Америки через Берингов пролив. Складывается адаптивный арктический тип заселения Земли, а с ним вся система адаптивных типов, свойственная современному человеку.

Адаптивно-климатические типы расселения человечества сложились в исторически разное время, проходили последовательно через освоение разных этнически-ландшафтных ниш. Последним по времени было образование арктического адаптивного типа расселения человеческой популяции и освоение арктического пояса.

*Современное расселение с учетом климата.*Анализ данных и уравнения теплового баланса человека позволяет выделить климатические условия, оптимальные для проживания человека. Основным ограничивающим фактором для проживания человека является температура воздуха. Верхний предел возможных для относительно постоянного проживания – среднегодовых максимальных температур составляет около 55°С, нижний – порядка около –60°С.

Зоной климатического комфорта считается довольно узкий интервал температур воздуха около 20–25°С, который зависит от воздействия на температуру влажностного и ветрового режима. Проживание при температуре ниже или выше этих пределов требует определенных дополнительных условий (постоянное утепление или охлаждение кондиционированием) в сооружении и эксплуатации жилищ, выполнения норм питания и особенно его калорийности.

Большая часть населения (60%) проживает между максимальными температурами от 30–35 до 35–40°С и минимальными от –10 до 15°С. Около 30% населения проживает в зоне между максимальными температурами от 20–25 до 45–50°С, и минимальными от –50 – –55 и –20–25°С. В экстремальных климатических условиях проживает всего около 10% населения.

Наиболее благоприятный климатический эталон соответствует среднегодовой температуре воздуха 10°С. Уменьшение этой температуры, требует увеличения калорийности пищи порядка 3% на каждые 10°С понижения температуры. При повышении среднегодовой температуры на ту же величину калорийность снижается на 5%.

Согласно Кеппену все климаты Земли по температурному режиму и степени увлажнения разделены на шесть классов – *А, С, D, E, F, В*. Первые пять классов (постоянно влажные) выделяются в порядке убывания средней годовой температуры воздуха, а шестой (класс сухих климатов В) – по степени увлажнения.

Между климатами *А* и *С* лежит граница мороза, между климатами *Е* и *F* – граница леса, между всеми климатами и *В* – граница сухости.

Всего в классификации 16 главных климатов. С учетом того, что в этой классификации используется температура и осадки, являющиеся оптимизирующими или ограничивающими факторами произрастания растительности, главные климаты совпадают с ландшафтными зонами Земли (таблица 9.15).

Таблица 9.15 – Плотность населения по отдельным типам климата по классификации В. Кеппена

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс климата | Ландшафтно-климатическая характеристика климата | Плотность, чел/км2 |
| *Af* | тропический дождливый, лес | 18,4 |
| *AW* | тропическая саванна | 14,4 |
| *BS* | Степь | 7,9 |
| *BW* | Пустыня | 1,9 |
| *CW* | тёплый с сухой зимой | 61,1 |
| *CS* | тёплый с сухим летом (средиземноморский) | 41,1 |
| *Cf* | влажный умеренный | 60,3 |
| *DW* | холодный с сухой зимой | 19,8 |
| *Df* | холодный с влажной зимой | 15,0 |
| *ET* | Тундра | 0,5 |
| *EГ* | постоянно-морозный | 0,0 |

Наибольшей популярностью пользуются теплые климаты с сухой зимой, влажные умеренные климаты. Средиземноморский климат также весьма привлекателен. В  климатах имеются обширные районы с резко переменной плотностью распределения населения, например, обширная низменность вдоль Амазонки и ее окрестности в Бразилии. В то же время другие районы с климатом  (Западная Ява, Малайзия, побережье Индии), имеют равномерную плотность до 400 чел/км2. В этих областях наряду с проблемой акклиматизации, еще более важной является проблема питания. Здесь актуальны стратегические меры по ограничению рождаемости населения или другие стратегии развития.

Исторически первые ареалы с высокой плотностью населения размещались в районах с наиболее благоприятными агроклиматическими условиями: теплым климатом с достаточным режимом увлажнения или возможностями искусственного орошения с длительным вегетационным периодом.

Высокая плотность населения отмечается на территориях, заселенных в процессе освоения территорий с богатыми агроклиматическими ресурсами с преимущественно сельскохозяйственной специализацией населения (о. Ява, Аргентинская Пампа, вулканическое плато Восточной Африки и др.).

Низкая плотность населения характерна, как правило, для районов с экстремальными природно-климатическими условиями.

Основным ограничивающим фактором проживания в зоне постоянно-влажных тропических лесов является биоклиматический дискомфорт из-за высокого температурно-влажностного стресса и сложностей сельскохозяйственного освоения территорий, в аридных климатах пустынь – недостаточное увлажнение; в субарктических и арктических областях с ландшафтами тундры – низкие среднегодовые температуры, в высокогорьях – недостаток тепла и кислорода на высотах более 2000 м над уровнем моря.

При создании определенных искусственных условий резервным ареалом расселения человечества могут быть пустынные и полупустынные районы, север (зона тайги, тундры и лесотундры), речные бассейны в зоне постоянно влажных тропических лесов, высокогорные долины с разнообразными природными ресурсами.

***9.6. Акклиматизация и адаптация***

*Границы климатической комфортности.* Эффективная адаптация человеческого организма к климату необходима: а) для обеспечения состояния физического комфорта, нормального роста и развития человеческой популяции; б) выполнения физической работы без повышенной утомляемости, в том числе различных видов высоко квалифицированной работы, требующей особого внимания и сноровки с минимумом ошибок; в) для организации мер профилактики возможных заболеваний.

Условие комфортности климата базируется на понятии физиологического комфорта, который возникает тогда, когда складываются такие условия, при которых терморегуляторная система организма испытывает наименьшее напряжение, т.е. имеет место физиологический покой.

Состоянию физиологического покоя и физиологического дискомфорта в определенной мере отвечает деление климатов на «щадящие» и «раздражающие». При этом исходят из того, что чем мягче и постояннее климат местности, чем меньше амплитуда годовых, месячных, суточных колебаний метеорологических элементов, чем реже такие колебания, тем меньше требований предъявляет этот климат к адаптационным физиологическим механизмам человека, тем легче протекает приспособление к данному климату. Такой климат для человека является «щадящим».

В щадящем климате физиологические механизмы терморегуляции особенно у аборигенов и длительно проживающих не испытывают перенапряжения. Примерами таких климатов на территории бывшего СССР могут служить климат Южного берега Крыма, Ленкорани, Черноморского побережья Кавказа.

Чем более суров и изменчив климат местности, тем чаще повторяются межгодовые и внутригодовые колебания метеорологических элементов, тем больше требований к теплообмену предъявляет этот климат, тем более раздражающим является он для организма человека. К таким климатам на территории России можно отнести климаты побережий Северных морей, высокогорий, внутриконтинентальных климатов северо-востока Сибири.

И.В. Бутьевой разработан коэффициент «раздражающего действия» климата на организм (). Его величина дает интегральную патогенную эколого-климатическую характеристику пункта или региона. Значения  варьируют: в тундре – в пределах 0,60–0,87, в лесах умеренного пояса в пределах 0,13–0,33, в степи в пределах 0,0–0,33.

Самое древнее и наиболее простое разделение земного шара на климатические пояса – жаркий, теплый, умеренный, холодный – связано с географической широтой. Эти пояса, грубо говоря, простираются соответственно от 0 до 30°, от 30 до 45, от 45 до 60 и свыше 60° широты.

Для каждого вышеупомянутого пояса можно установить приближенные пределы средней годовой *ЭЭТ*: для жаркого пояса– 21–27°С, для теплого – 16–21°С, для умеренного –5–15°С, для холодного пояса ниже 5°С. Однако эти оценки будут весьма приближенно характеризовать лишь пространственно-широтные, но не внутрипоясные различия (таблица 9.16).

Таблица 9.16 – Тепловые характеристики различных типов среды обитания, климатических зон и провинций

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Среда обитания | Зона | Климатические провинции | Жарко  и сухо | Жарко  и влажно |
| I. Пустыни и засушливые  Земли | Жаркая | Тропическая пустыня | 29 | – |
| Холодная | Холодная, сухая пустыня | 25 | – |
| II. Тропические леса | Жаркая | Экваториальная | – | 28 |
| Жаркая | Экваториальная и муссонная | – | 28 |
| Жаркая | Тропическая морская  и муссонная | – | 28 |
| Жаркая | То же | – | 27 |
| III. Кустарник и мелкий лес в тропиках | Жаркая | Тропическая континентальная | 28 | 23 |
| Жаркая | Тропическая континентальная и муссонная | 24 | 22 |
| Тёплая | Тропическая континентальная (климат плато) | 28 | 22 |
| V. Леса умеренных широт | Холодная | Умеренно тёплая | 25 | 27 |
| Тёплая | Холодная морская | – | 26 |
| VI. Кустарник средиземноморского типа | Холодная | Умеренно тёплая | 28 | 27 |
| VII. Степи умеренного пояса | Холодная | Холодная континентальная | 25 | 20 |
| VIII. Тайга | Холодная | Холодная морская | – | 22 |
| Холодная | Холодная континентальная | – | – |
| IX. Полярные земли | Холодная | Арктическая тундра | – | – |

Таблица 9.16 служит иллюстрацией разнообразия эффективно-эквивалентных температур в основных климатических поясах и типах среды обитания на планете. Из таблицы следует, что почти всюду имеются сезонные колебания *ЭЭТ*, включая и экваториальные климаты. В любой климатической зоне человек не гарантирован от случайностей погоды, от ухудшения климатических условий и физиологического дискомфорта в то или иное время года.

В зависимости от климата изменяются и пределы сезонной комфортности эффективных температур. Так пределы комфортных *ЭЭТ* для мужчин, носящих легкую одежду и выполняющих сидячую работу зимой (летом) в Англии составляет 17° (22), в США – 22° (24), в Малайзии – 23–26°С, в тропическом, континентальном и муссонном климате Индии – 24–27°С.

Верхняя граница зоны комфортности и тепловой нейтральности для субтропических, тропических и экваториальных климатов обычно начинается примерно с *ЭЭТ*=27°С, для умеренных с 23°С.

Косвенный характеристикой степени комфортности (дискомфортности) и особенностей «щадящего» или «раздражающего» того или иного климата могут служить оценки однотипности погодных условий или, напротив, их контрастности по сочетаемости жарких и морозных, влажных и засушливых месяцев в течение года.

Наиболее щадящие однотипные по погодным условиям погоды в умеренном климате (от 9 до 12 месяцев в году) имеют место в п.п. Ницца, Анже (средиземноморское побережье Франции), п. Белград (Югославия), в тропическом климате – п. Пахор (Пакистан), п. Сандакан (Индонезия).

К раздражающим климатам, где имеются контрастные по погодным оценкам месяцы, следует отнести пункты: Токио (Япония), Мукден (Китай), относящиеся к влажному тропическому или к влажному умеренному климату, Готхоб (Гренландия) и другие пункты, относящиеся к холодному полярному климату.

*Понятие об экстремальности среды.* К наиболее важным компонентам экстремальных условий природной среды относятся геохимические, биотические и климатические факторы. Под геохимическими факторами понимают влияние состава химических элементов на морфологическое, физиологическое, биохимическое и генетическое состояние и заболевания организма человека.

В настоящее время известно около 70 химических элементов, которые входят непосредственно в состав живых тканей организма. В условиях, как избыточности, так и недостаточности химических элементов происходит нарушение важнейших функций в организме, приводящее к патологическим состояниям и заболеваниям (например, заболевания щитовидной железы – от недостатка йода, заболевания костей, кариес зубов – от недостатка кальция).

Под биотическими факторами понимается влияние растительного и животного мира на состояние комфорта и заболевания человеческого организма. Имеются, в частности, ввиду заболевания человека, связанные с заражением от животных, обитающих в определенных районах. Характерной чертой геохимического и биотического компонентов является эндемичность, т.е. относительная ограниченность ареалов их распространения. Кроме того, эти факторы становятся экстремальными, как правило, при наличии или на фоне проявления экстремальности климатической компоненты.

Под экстремально-климатическими условиями здесь понимаются такие климаты, пребывание в которых по той или иной причине может влиять не только на условия труда, быта, но и угрожать здоровью, выживанию человека, в особенности некоренного населения.

По условиям экстремальности климатической компоненты обычно выделяются:

1) экстремально-холодные регионы;

2) экстремально-жаркие сухие регионы;

3) экстремально-жаркие влажные регионы;

4) высокогорные регионы.

Южная граница экстремально-холодных, как правило, ограничивается средне июльской температурой 10°С и средним многолетним радиационным балансом около 600 МДж/м2-год. Экстремально-жаркие сухие регионы приходятся на районы пустынь тропического и субтропического пояса; экстремально-жаркие, влажные совпадают с зонами равнинных субэкваториальных и экваториальных постоянно влажных лесов.

*Акклиматизация в экстремально холодных климатах.* Климатическую экстремальность для условий проживания населения здесь создают: большая повторяемость (45–65% дней за год) низких отрицательных температур; недостаток или полное отсутствие (полярная ночь) солнечной радиации зимой; преобладание пасмурной погоды (140–150 дней за год); сильный ветер с частыми низовыми метелями. Характеристику экстремальности дополняют сведения о рекордных оценках метеорологических элементов в Арктике (таблица 9.17).

Продолжительность теплого периода на северном полюсе составляет около 1 мес, на побережье Арктики – 2–3 мес. Период *УФ* - дефицита или ультрафиолетовых сумерек продолжается большую часть года. За счет постоянно сильного ветра и метелей в зимний период ионизация воздуха достигает аномально высоких значений. В этом климате несколько повышена космическая радиация, часто возникают магнитные бури, полярные сияния, что вносит особое своеобразие в эффекты акклиматизации.

Таблица 9.17 – Экстремальные значения опасных метеорологических явлений, наблюденных в Российской Арктике

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | Значение | Место, пункт |
| Абсолютный минимум, оС  – Арктика (океан)  – субарктика (континет) | – 56 оС  – 68 оС | «СП-19» 88о4’ с.ш., 147о4’ в.д. п. Оймякон, Центр Сибирь |
| Скорость ветра, м/с | 60 м/с | п. Русская Гавань, м. Шмидта |
| Метели, сутки | 6 суток | о-в Диксон, п. Тикси, м. Шмидта |
| Непрерывный туман, с видимостью ≤ 100 м | 36 час. | о-в Ушакова |
| Число дней с туманом при видимости ≤ 100м | 15 дней | Амдерма, в августе |
| Дней с туманом за месяц | 30 дней | о-в Уединения, в августе |
| Дождь, мм/12час | 51 мм | м. Желания |
| Гололёд, диаметр/масса | 43мм/960г | м. Челюскин |

Полная ультрафиолетовая ночь продолжается 3–4 месяца. Однако взрослые жители арктической и субарктической зоны в общем не страдают от *УФ* - недостаточности, за исключением тех случаев, когда по образу жизни в короткое время весны и лета не получают достаточную дозу прямого и рассеянного *УФ* - облучения.

Условия полярного дня и ночи не являются безразличными для людей, создавая соответственно удлинение периода нервного возбуждения или удлинение фазы ночного торможения. Ряд авторов отмечают явное снижение основного обмена в полярную ночь и его возрастание в полярный день.

Эволюционные приспособления были направлены на преодоление стрессовых ситуаций, связанных с холодовым дискомфортом. Для коренного населения Крайнего Севера характерны высокая плотность тела, большое развитие костно-мышечной массы, прочный скелет в сочетании с повышенной гамма-глобулиновой фракцией сыворотки крови, усиливающей иммунные свойства организма. Также выделяется преимущественно цилиндрическая форма грудной клетки.

Из физиологических приспособлений отмечаются высокая вентиляционная способность легких, повышенное содержание гемоглобина в крови, неординарная способность к окислению жиров, усиление энергетических процессов и терморегулирующих свойств, более высокая стабильность уровня метаболизма в условиях переохлаждения.

К отличающим морфофизиопогическим приспособлениям аборигенов Арктического пояса также относятся: большое наполнение тканей кровью и ее более интенсивная циркуляция, относительно повышенная теплопродукция и основной обмен, слабая чувствительность кожи лица и рук к температурным раздражителям, в частности, к холоду.Важной отличительной особенностью адаптационных приспособлений коренных жителей в Арктике является исключительно малая изменчивость рассматриваемых признаков в родственных по этническому составу группах населения.

Организм человека в условиях низких температур пользуется различными способами приспособления. За первыми ориентировочными и условно-рефлекторными реакциями следуют более стойкие дифференцированные терморегуляционные приспособления (физическая и химическая терморегуляция). У многих лиц, акклиматизирующихся в высоких широтах, отмечаются усиление деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной системы с преобладанием соответствующих реакций большого и малого круга кровообращения.

Первый год пребывания молодых людей 19–23 лет сопровождается некоторым понижением у них артериального давления, ощущением так называемой «полярной одышки». Усиление потребления кислорода, обеспечивающее повышение обмена веществ, связано с сократительным и несократительным термогенезом (дрожью). Исследования показывают, что у приезжих тепловой эффект в организме на единицу электрической активности мышц становится в 3–4 раза выше. В теплообразовании, кроме мышечной массы, принимают участие и все работающие внутренние органы, особенно печень. В морозные погоды повышается гормональная роль химической терморегуляции.

Развитие детей и подростков в климатических условиях высоких широт характеризуется некоторыми особенностями. Даже в крайне суровых местах Севера возможны нормальное внутриутробное развитие плода и рождение детей с высоким потенциалом жизнестойкости, если мать достаточно акклиматизирована. Наибольшее тормозящее действие на рост детей климат оказывает в первый год жизни. Как правило, это происходит из-за недостатка витамина роста *Д3*.

Недостаток солнечной инсоляции и витаминов отражается на общей сопротивляемости организма и являются предрасполагающими факторами к возникновению или ухудшению течения заболеваний.

Структура заболеваний определяется в первую очередь эффектом УФ-недостаточности и холодового синдрома: получения острой и хронической холодовой травмы в виде различных воспалительных процессов, заболевания центральной нервной системы, ознобления, обморожения.

Для особенностей заболеваний и здоровья коренного населения характерна меньшая частота простудных заболеваний. Например, в Ямало-Ненецком национальном округе заболеваемость коренного населения меньше заболеваемости приезжих ангиной в 3,1 раза, гриппом в 2,8 раза, невралгией, радикулитом в 1,7 раза. У коренного населения практически не встречается обморожения. В связи с недостатком радиации отмечается заболеваемость рахитом детей в 2,5–3 раза выше по сравнению с южными районами. В силу напряжения физиологических систем организма отмечается более короткая продолжительность жизни по сравнению с жителями умеренных и субтропических районов.

Особенности заболеваний пришлого населения включают увеличение числа простудных заболеваний. У приезжих отмечается повышение дней нетрудоспособности (в 2 раза по сравнению с жителями умеренного пояса), большой процент заболеваемости на фоне коренного населения, даже через 10–20 лет жизни на Севере.

Следует также отметить синдром полярного напряжения, включающий тревожность, нервозность, эффекты своеобразной гипоксии с одышкой, с полярно-ночной сонливостью или полярно-дневной бессонницей.

*Акклиматизация в жарких климатах.* Тропическая зона является Родиной человечества и естественно, что приспособленность человека к солнечным и жарким погодам, чрезвычайно высока. Здесь люди не страдают от *УФ*-дефицита и хорошо приспособлены к избыточности радиации.

К антропоморфологическим особенностям коренных жителей здесь, прежде всего, следует отнести темный или смуглый цвет кожи и относительно незначительную по весу мышечную массу. Темный цвет кожи характеризуется пониженным альбедо и, следовательно, повышенным восприятием доз ультрафиолетовой радиации, притормаживающей окислительные процессы в организме и, таким образом, уменьшающей обмен и теплопродукцию организма. С необходимостью уменьшения теплопродукции связано и уменьшение мышечной массы. Имеет место увеличение поверхности тела, за исключением жителей засушливых мест. Тепло, выделяемое ими в процессе работы, сбалансировано меньшим потоотделением на единицу поверхности. Выделение пота у коренных жителей тропиков, несмотря на неизмеримо большее количество потовых желез, меньше, чем у акклиматизировавшихся европейцев.

Характерные для негроидов курчавые волосы, развитие слизистых оболочек носа и губ, узкая высокая голова с вытянутым в переднем направлении черепом, удлиненная форма тела с небольшим весом, менее развитая жировая прослойка рассматриваются как приспособления к высоким температурам, инсоляции, высокой влажности. Они способствуют более медленному и меньшему прогреванию в условиях жаркого климата. Специфическое строение носовой полости, глазной щели предохраняет от заболеваний открытые части лица из-за повышенных доз видимой и ультрафиолетовой радиации.

У жителей тропических и экваториальных стран хорошо развита физическая терморегуляция, направленная на охлаждение тела. К физиологическим особенностям следует отнести то, что кровообращение в условиях экстремального радиационно-теплового воздействия выполняет не только функцию обмена веществ, но и возросшую функцию теплообмена. Если при холодовом воздействии количество циркулирующей крови на периферии уменьшается, то в условиях жарких погод проявляется обратное соотношение: количество циркулирующей крови на периферии увеличивается, температура кожи и теплоизлучение возрастают, артериальное давление снижается. Учащение пульса, повышение минутного объема крови рассматривается как компенсаторное приспособление, обеспечивающее перемещение крови на периферию для увеличения теплоотдачи.

Акклиматизация в условиях экстремально жаркого и влажного климата осложняется ограничением теплоотдачи за счет испарения пота ввиду исключительно высокой влажности. При температурах воздуха близких к температуре кожи работоспособность организмов резко снижается: предел переносимости без нарушений здоровья составляет для здоровых людей около 38°С.

Длительное повторяющееся воздействие жарких погод приводит к тому, что срочные меры защиты (расширение периферических сосудов, потение) становятся менее интенсивными, реакции клеточного метаболизма перестраиваются, организм становится более выносливым к высоким температурам внешней среды. В экваториальной зоне достаточно хорошо акклиматизируются люди различных рас. Этому способствует небольшие колебания температуры, пышная затеняющая растительность. Теплорегулирующие реакции кровообращения у приезжих координируются усиленным потением, приводящим к возрастанию водного, а вместе с тем минерального и витаминного обмена.

Химическая терморегуляция в жарком климате имеет существенное значение и проявляется в росте потребления кислорода у не вполне здоровых или (в начале периода приспособления) приезжих из более холодного климата. В последующем при акклиматизации происходит снижение потребления кислорода за счет уменьшения окислительного обмена в печени, почках, желудке и скелетных мышцах.

Снижение обмена веществ и перераспределение в организме крови (с уменьшением ее содержания во внутренних органах) приводит к ослаблению деятельности всех звеньев пищеварительной системы: состояние плохого аппетита в жаркую погоду знакомо каждому. Состояние апатии и снижение нервно-психического тонуса во время непрерывно жарких погод общеизвестно.

Существенная роль в акклиматизации к жаркому климату принадлежат нейроэндокринной регуляции: снижается деятельность щитовидной железы. По мере адаптации к высоким температурам, возможно истощение деятельности эндокринных желез.

Приспособление к высоким температурам тропической среды затрагивает еще малоизученные процессы клеточного метаболизма, в которых существенная роль принадлежит микроэлементам, а также ферментам, витаминам и гормонам.

*Акклиматизация в климате жарких пустынь.* Она имеет свои особенности. Средняя дневная температура тропических пустынь превышает экваториальную. Значительные суточные перепады температуры усиливают нагрузку на терморегуляцию.

В пустыне температура кожи сохраняется на высоком уровне, но может возникнуть недостаточное кровоснабжение нервной системы. Поэтому частота пульса является удобным критерием реакции на жару, дегидратацию. Ею можно пользоваться как показателем состояния акклиматизации. Так, с повышением температуры воздуха до 36–42°С у приезжих, пребывающих в условиях жаркого климата южного Таджикистана до 10 дней, частота пульса повышалась на 51 %, до 6 месяцев – на 27%, до 1 года – на 15%, от одного года до 2 лет – на 7,5%.

С ростом температуры легочная вентиляция нарастает и у аборигенов, и у приезжих, у обеих групп, но у аборигенов она выше. Вместе с тем интенсификация дыхания, направленная на сохранение температуры тела с ростом температуры среды выше у приезжих.

При температуре воздуха в пустыне 37,5°С у одетого, сидящего в покое в тени человека, выделяется 0,25 л/ч пота.

Если суточная потребность в воде в умеренной климатической зоне составляет примерно 2,5 л, то в жарком климате она возрастает до 3,5–5 л. Сухой воздух облегчает охлаждение тела через испарение, но вместе с тем, приводит к необходимости большого потребления воды. Даже без ограничения воды происходит небольшое обезвоживание организма, которое в покое и тем более при работе может превысить потерю массы тела на 2–5%.

В сухом жарком климате количество молока у кормящих женщин, масса новорожденных меньше, чем в других климатических зонах. При акклиматизации к сухим жарким климатам у всех людей отмечается компенсаторное небольшое разжижение крови, как противодействие повышению ее свертываемости. Сильное потение при влажном воздухе может привести к сгущению крови.

Одним из интегральных показателей завершения акклиматизации человека к жаркому климату является смещение зоны комфортных оценок теплоощущения окружающей среды с оценкой «хорошо» 19–22°С на начальном этапе (до 10 дней) до 22–26°С при пребывании в течение года.

Скорость акклиматизации здоровых людей варьирует в широких пределах. В целом акклиматизация человека к условиям жаркого климата идет более быстро, чем к условиям холодного климата.

В жарких климатах она обусловлена непосредственным действием интенсивных солнечно-тепловых факторов часто в сочетании с неблагоприятными метеорологическими явлениями (например, явление духоты) и социально-бытовыми условиями. Из-за *УФ*-избыточности нередки солнечные ожоги и фотодерматозы различных форм, особенно незащищенных участков тела. Несколько повышено канцерогенное действие *УФ* – радиации.

Гипертермия является обычным явлением жарких стран не только среди приезжего, но и местного населения. Прямое солнечное облучение при температуре воздуха выше 40°С и особенно при выполнении значительной физической нагрузки, является условием, угрожающим здоровью, особенно при возникновении теплового удара.

Повторяющиеся и длительно-тепловые воздействия способны вызвать невротические реакции, ваготонию, гипотонию, миокардиодистрофию, нарушение функций желудка, почек, специфических циклов у женщин и т.д. Радиационно-тепловому перегреву способствует недостаточная акклиматизация, переутомления, возрастные изменения состояния здоровья, производственно-бытовые условия и т.д.

Для жителей аридных пустынь характерна несколько повышенная заболеваемость сердечно-сосудистой системы в основном за счет гипотонии, более мягкое течение гипертонической болезни, что объясняется воздействием солнечной радиации и отсутствием магнитных бурь.

Высокая заболеваемость почечнокаменной болезнью объясняется высокой минерализацией питьевой воды. Летом отмечается подъем желудочно-кишечных и кожных заболеваний, поскольку чрезмерная солнечная радиация сказывается на снижении экскретов кожных желез. Наконец, особенно у приезжих, происходит угнетение моторно-секретной функции органов пищеварения, уменьшение аппетита и снижение массы тела.

Кроме ощущения жары и сухости во рту, проявляются все симптомы синдрома дегидратационного истощения: чувство недомогания, беспокойство, сонливость, мышечное утомление, учащение пульса, повышение температуры тела, одышка, потеря аппетита и т.д.

В жарком климате нередко возникает разной степени тепловой отек стоп и кистей рук, как результат резкого расширения и повышенной проницаемости сосудов.

*Акклиматизация в умеренных широтах.* Умеренные широты, находясь между арктическим и субтропическим поясами, подвержены постоянному влиянию холодных и теплых масс воздуха, которые охватывают большие территории. На полярных фронтах часто развивается интенсивная циклоническая деятельность, определяющая достаточно контрастный режим погоды. Существует большое различие в циркуляционных условиях материков и океанов, которое создает резко выраженные типы морского и континентального климата.

Растительность в умеренной зоне отличается достаточным разнообразием. Значительную часть территории с умеренным климатом занимает тайга – хвойные, чистые и смешанные породы. Хвойные деревья легко переносят крепкие морозы. Стволы и ветви лиственных деревьев и кустарников приспособлены к низким температурам. Умеренные широты, находясь между арктическим и субтропическим поясами, подвержены постоянному влиянию холодных и теплых масс воздуха, которые охватывают большие территории. На полярных фронтах часто развивается интенсивная циклоническая деятельность, определяющая достаточно контрастный режим погоды. Существует большое различие в циркуляционных условиях материков и океанов, которое создает резко выраженные типы морского и континентального климата.

Растительность в умеренной зоне отличается достаточным разнообразием. Значительную часть территории с умеренным климатом занимает тайга – хвойные, чистые и смешанные породы. Хвойные деревья легко переносят крепкие морозы. Стволы и ветви лиственных деревьев и кустарников приспособлены к низким температурам.

По Б.П. Алисову территория бывшего СССР в умеренной зоне делится на 12 климатических областей. Для всей географической зоны умеренного климата характерной чертой являются четко выраженные четыре сезона года с неравной продолжительностью.

Сравнительно с арктическим климатом в умеренном поясе не очень суровая зима, сравнительно с тропическим, не слишком жаркое лето, сравнительно с влажным и экваториальным – умеренная влажность.

В то же время в умеренном климате имеется достаточное количество солнечных и дождливых, жарких и прохладных месяцев, которые в значительной степени варьируют в зависимости от зональных или региональных условий умеренный климат.

Население умеренного пояса также не остается индифферентным по отношению к окружающей среде и климату. Морфофункциональный облик жителя умеренного климата по ряду признаков занимает промежуточное положение между морфофункциональными показателями тропических аборигенов, с одной стороны и жителями Арктических широт – с другой.

На фоне упомянутых общих закономерностей в различных районах у жителей умеренного пояса могут иметь место и свои морфологические особенности. Теплопродукция у населения умеренного пояса выше, чем в Арктике и повышается с увеличением экстремальности среды. Низкий уровень холестерина, типичный для групп тропических широт, в условиях умеренного климата не встречается. Население умеренного пояса проявляет ярко выраженную морфофункциональную реактивность по отношению к региональным особенностям, в частности, к высотным характеристикам местности.

Постоянные жители умеренной зоны должны быть хорошо адаптированы к умеренно холодной и жаркой погоде соответствующих сезонов года, а также к их апериодической смене независимо от сезона года. Едва организм приспособится к весеннему теплу и неустойчивости весенних погод, как на смену им приходят жаркая погода лета. Организм, адаптировавшийся к лету, через 3–4месяца попадает в условия осенней прохлады, а затем вынужден адаптироваться к морозной и снежной зиме. Поэтому климатофизиология в умеренной зоне в значительной степени проявляется в реакциях приспособления к меняющимся сезонным условиям внешней среды и погоде, часто меняющейся в течение сезона.

Акклиматизация приезжих в умеренной зоне проходит сравнительно легко, так как зимой используются отапливаемые помещения и теплая одежда. Но для людей из холодного или жаркого климатического пояса должен пройти значительный срок акклиматизации, которая для стойкой реакции приспособления иногда исчисляется годами. Чем выше контрастность климатических условий, тем длиннее срок акклиматизации. Имеет значение прошлая адаптированность людей к сухому или влажному климату, их пол и возраст, адаптационные возможность организма.

У лиц молодого возраста, приезжающих в Москву на учебу из жарких стран, в первый год акклиматизации происходит небольшое физиологическое отклонение – повышение, а затем снижение артериального давления, контрастное проявление характера возбудимости, иногда невротические реакции, нарушения сна. Зимой нередко возникают простудные заболевания: катары верхних дыхательных путей у приезжих бывают в два раза чаще, чем у коренных жителей умеренной зоны. По мере акклиматизации, случаи патологической реактивности снижаются.

К особенностям акклиматизации умеренной зоны следует отнести и условия избыточного действия *УФ*-радиации в южных районах и ее недостаток в северных областях, эффекты световой недостаточности, а также высокую континентальность климата в Восточной Сибири.

Оздоровляющее действие континентального климата связано с фазой выравнивания адаптации, которая особенно четко проявляется при достаточной выносливости организма и благоприятных условиях жизни. В общем случае акклиматизация приезжих во внутриконтинентальной Сибири продолжается годами.

Климатопатология в умеренной зоне не столь выражена как в экстремально холодных или экстремально жарких климатах. В летнее время при длительном пребывании на солнце и при выполнении тяжелой физической работы возможны общее перегревание и тепловые удары. В переходные сезоны в периоды холодной погоды нередки случаи простудных заболеваний. В зимнее время возможны обморожения и замерзания. В южных районах зоны в связи с избытком *УФ* - радиации нередки солнечные ожоги, повышенная повторяемость фотодермитов и кожных онкологических заболеваний.

Резкие смены метеорологических условий в переходные сезоны весны и осени, в периоды межсуточных изменений погоды могут проявляться как метеопатопусковые факторы заболеваний, нередко ведут к обострению нервно-психических и инфекционно-аллергических заболеваний.

*Акклиматизация в условиях высокогорий.* Климат высокогорий характеризуется пониженным атмосферным давлением, температурным дискомфортом (холодом) и недостатком кислорода, создающим стрессовую ситуацию в период акклиматизации. Температура воздуха в горах на больших высотах очень низка: в Тибете на высоте 5000 м над уровнем моря она падает до –30 – –35° зимой, а летом не превышает 15°С. Влияние климатических факторов и высоты, уменьшение парциального давления кислорода является основным адаптивным процессом высокогорий.

Как видно из таблицы 9.18 у аборигенов высокогорий отмечается значимая корреляция длины тела с высотой над уровнем моря, со среднегодовой температурой и годовыми осадками.

Таблица 9.18 – Коэффициенты ранговой корреляции между некоторыми морфологическими признаками и характеристиками для жителей высокогорий в условиях жаркого климата

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Признаки | Среднегодовая  температура, оС | Высота над уровнем  Моря | Годовое количество  осадков |
| Длина тела | 0,626 | 0,617 | 0,710 |
| Вес | 0,268 \* | 0,555 | 0,048 \* |
| Поверхность тела | 0,945 | 0,337 | 0,771 |
| Основной обмен | –0,290 | 0,508 | – |

Наряду с массивным телосложением у жителей высокогорий отмечают более выраженное цилиндрообразное развитие грудной клетки и скелета в целом. Крупная грудная клетка горцев, сочетающаяся с повышенной жизненной емкостью легких, также рассматривается как морфофункциональное приспособление к пониженному барометрическому давлению и сопутствующему этому уменьшению парциального давления кислорода. Интенсифицированное развитие костной ткани обеспечивает усиленную продукцию красных кровяных телец – эритроцитов, возмещающих дефицит парциального кислорода и не допускающих кислородного голодания. Число эритроцитов у коренных жителей Перу на 30% выше, чем у лиц, живущих на уровне моря. Приспособления к высокогорью начинаются от высот 2000 м.

Одинаковые физиологические приспособления имеют место у разных расовых групп: у жителей высокогорных районов Кашмира (2500–3000 м), у тибетцев, живущих на высоте 4000–4500 м, у жителей Анд (5500 м). Хотя описанные вышеупомянутые реакции представляют вторичные процессы, предполагают, что некоторые из них носят генетический характер, т.е. возникли в процессе естественного отбора.

Акклиматизация на высоте 4500 м у здорового человека требует пребывания не менее 10 дней. При длительном проживании у приезжих наступают морфофизиологические изменения, увеличивается грудная клетка и емкость легких.

Защите от холода в горах способствует одежда, жилище, система отопления и, отчасти, физиологическая адаптация организма.

Мероприятия, повышающие устойчивость организма к условиям высокогорий, должны быть направлены прежде всего на предупреждение горной болезни. Кроме облегчения условий проживания, труда и продления условий отдыха, крайне необходимым является развитие и поддержание биологических мер защиты от сниженного атмосферного давления, повышенного *УФ* - облучения, гипоксии, в том числе на основе средств активной акклиматизации. Стимулирующие действия создают для приезжих исключительно комфортные состояния, а для местных жителей возможность долгожительства.

*Акклиматизация в морских климатах.* Океан, море и морской климат, предположительно, были той исходной средой, из которой возникла и развилась жизнь в атмосфере. Адаптация человека к условиям морского климата по своему характеру не является однозначной и определяется разнообразием климатообразующих факторов, их региональными и сезонными особенностями, взаимообусловленным влиянием частей суши и акваторий морей Мирового океана, своеобразием последнего, как формы подстилающей поверхности, занимающей 3/4 поверхности Земли. Биоклиматическое своеобразие океанических (морских) климатов обуславливается также химическими свойствами морской воды и ее взаимодействием с воздухом атмосферы.

Вода морей и океанов содержит почти все химические элементы, находящиеся между собой в сложных химических соединениях и представляет собой слабощелочной раствор с *рН*=7,6–8,4. В 1 л океанической воды содержится в растворенном состоянии около 35 г различных солей, общее количество которых обозначается как соленость (г/л). Так, соленость поверхностного слоя Красного моря – 41,5 г/л, в тропических широтах Атлантического океана – 37,2 г/л, в полярных морях Севера – 31,4 г/л.

Количество растворенного свободного кислорода и углекислого газа в морской воде больше, чем в атмосфере. Натрий и калий почти полностью находятся в форме ионов, магний в форме слабых электролитов, сульфат и хлор в форме анионов, основные формы содержания фосфора пока не установлены. Радиоактивность морской незагрязненной воды меньше, чем почвы, и определяется, главным образом, радиоактивностью калия. Имеются и другие радиоактивные элементы.

Под влиянием нагревания от энергии Солнца огромные массы воды, испаряясь, поступают в атмосферу. В морской воде постоянно образуются пузырьки газа, которые всплывают на поверхность. Во время разрыва этих пузырьков в атмосферу выбрасываются газы и соли морской воды. При этом процессе образуются аэрозоли и свободные положительные заряды – аэроионы. Их концентрация и распространение в существенной мере определяются гидрометеорологическими условиями и ландшафтными особенностями береговой линии. Наибольшее количество аэрозолей находится над водой и вблизи береговой линии; количество их резко возрастает при волнении моря, сильном ветре (более 6 баллов) и морском прибое. Они поднимаются вверх на 100–200 м (реже на 1000–2000 м и выше) и часто вначале распространяются на расстоянии до 400–500 м и более от береговой линии, а в последующем включается в глобальные циклы переноса веществ в атмосфере.

Существуют разнообразные типы морских климатов. В первом приближении их можно разделить по типу климата морей и частей океанов холодного, умеренного и жаркого климатического пояса без четко очерченных границ. В формировании океанических типов климата существенная роль принадлежит глобальной циркуляции: в тропиках и экваториальных широтах – пассатам, муссонам, в умеренном поясе – циклонам внетропических широт. В России муссонный климат явно выражен на Дальнем Востоке, особенно в Приморском крае. Разновидностью морского является климат Средиземного моря, однако, сезонный ход в этом климате (в отличие от муссонного с влажным летом) отличается, как правило, сухим летом и дождливой зимой и осенью.

Поскольку при формировании климата в океане одним из главных факторов является преобладание той или иной воздушной массы будем придерживаться терминологии океанических климатов по классификации Б.П. Алисова, разделяя их на:

а) умеренные климаты;

б) субтропические климаты;

в) тропические (пассатные и муссонные) климаты;

г) экваториальные климаты;

д) субполярные и полярные океанические климаты.

Наиболее значительную площадь на Земле занимают океанические районы с умеренным климатом. Примечательной чертой этих климатов в северном полушарии является преобладающий западный перенос между субтропическими и субарктическими широтами. Здесь часты штормы со скоростями ветра более 10–15 м/с, которые у моряков, особенно в южном полушарии, приобрели название «ревущие – сороковые». В отличие от суши наиболее теплым в условиях умеренного климата океана оказывается август. В океаническом пространстве северного полушария между 40 и 60° с.ш. температуры воздуха августа колеблются в пределах от +22° до +8°С, зимой (в феврале) в этих же широтах средние суточные температуры воздуха колеблются в Атлантическом океане в пределах от +15° до –10°С, в Тихом – соответственно от +10 до –10°С. В северном полушарии восточные части океанов зимой заметно теплее западных, куда проникают холодные воздушные массы с материка. Поэтому годовые амплитуды на востоке, в частности, умеренных широт Атлантики составляют 10–15°, на западе – 15–20°С. Ввиду существенной циклонической деятельности, особенно в субполярных широтах в районе Исландского и Алеутского минимумов, велика повторяемость облачных и дождливых дней, выпадает существенное количество осадков, что усугубляет дискомфортность климата.

Океанические субтропические климаты локализуются в широтах, где летом преобладает режим антициклонов с малооблачной сухой погодой, а зимой – весьма интенсивная циклоническая деятельность с сильными, часто штормовыми, ветрами и дождями. Летние температуры в океанических субтропиках колеблются в пределах 18– 25°С, зимние – в пределах +5 – +15°С. Как видно, здесь амплитуда температуры около 10°С, т.е. меньше чем в умеренном океаническом климате с амплитудой примерно 20°.

В западных частях океанических субтропиков лето более жаркое, чем в восточных, где проявляется воздействие холодных океанических течений.

Для океанического тропического климата характерны температуры летом +20 – +27°С, зимой в высоких широтах тропиков они снижаются до +10 – +15°С.

Наиболее выраженным циркуляционным признаком тропических климатов, как известно, является пассатная деятельность. Осадков на акватории пассатных тропиков наблюдается мало, за исключением периодов развития тропических циклонов в осенне-зимний календарный период.

Другой разновидностью тропических климатов является тип океанических тропических муссонов. Наиболее характерной чертой такого климата является существенная устойчивость среднемесячных температур +24 – +27°С, наличие в течение года продолжительного дождливого сезона и неявная выраженность сухого сезона. Юго-восточный летний муссон здесь сопровождается экваториальной влажной воздушной массой, зимний (северо-восточный) муссон приносит, напротив, морской тропический воздух, менее обогащенный влагой. Поэтому осадки летнего муссона как правило с мая по ноябрь, вносят основной вклад (около 80%) в годовую сумму, осадки сухого сезона (с декабря по апрель) лишь около 20%.

Экваториальный океанический тип климата, как известно, мало отличается от экваториального континентального. Доминирующим циркуляционным фактором здесь является воздействие зоны внутритропической конвергенции, мигрирующей от сезона к сезону и предопределяющей обильные, ливневые осадки (до 1000– 3000 мм/год), как на море, так и на суше. Среднемесячные температуры колеблются в пределах +24 – +28°С, с годовой амплитудой не более 1–5°С, при суточных амплитудах около +10 – +15°С. Даже в самые сухие месяцы относительная влажность не опускается менее 70%, а абсолютная влажность, как правило, превышает 30 г/м3. Следует отметить, что даже на экваторе вследствие миграции зоны внутритропической конвергенции, осадки могут иметь неравномерный характер.

Наиболее контрастными по отношению к экваториальным океаническим типам климата (особенно в смысле температурного режима) являются субполярный и полярный климат Арктического бассейна и субполярный климат прибрежных районов Антарктиды и крайних широт Южного океана. Частично общие характеристики климата этих широт были рассмотрены нами при описании особенностей акклиматизации в холодных климатах суши (Арктика) и примеров акклиматизации на высоком внутреннем плато Антарктиды.

Здесь отметим, что климат Арктического и Антарктического бассейна, прежде всего определяется крайним недостатком или полным отсутствием солнечной радиации зимой, в период полярной ночи, и очень большим притоком радиации летом, в период полярного дня. Интенсивная циклоническая деятельность вносит в Арктический бассейн теплые воздушные массы в особенности из осадков умеренных широт (зимой) и тем самым смягчает климат Арктики. Средние месячные температуры в центре Арктического бассейна колеблются примерно от –35°–(–40о) зимой до 0 – +2°С летом. Из-за большого отепляющего влияния Атлантического океана атлантико-европейская область Арктики, гораздо теплее и увлажненнее азиатской, канадской и тихоокеанской областей.

Существуют свои особенности акклиматизации для человека временно пребывающего в открытых морских акваториях или проживающего постоянно на морских побережьях и островах. Растительный мир побережий и островов несет черты климатических поясов, характерных и для условий суши с элементами эндемичного разнообразия растений и животных, в том числе и за счет ветрового отепляющего и влажностного эффекта воздействия водных пространств. В засушливых тропических климатах на островах появляются растения муссонов, сбрасывающие листья в засушливый (зимний) сезон. В муссонной зоне умеренных широт растения, животные, человек приспособлены к смене зимних и летних погод. Приспособительные реакции человека в условиях жаркого морского климата (как и на суше), направлены на нейтрализацию воздействия постоянно жарких погод. Кроме термического фактора и эффекта морской болезни, при длительном плавании имеют значение изменчивость погоды особенно с одновременной сменой поясного времени, условия отдыха и быта людей, другие факторы.

В умеренных морских климатах вдыхание прохладного влажного воздуха, резкое ощущение холода, оказывают раздражающее действие на кожные рецепторы, вызывают гипертензивное (динамично-комфортное) состояние с усилением обмена веществ, направленное на сохранение состояния гомотермии и физиологического комфорта.

Во время быстрой смены умеренных климатических условий на тропические у моряков и пассажиров в дни смены климатических зон отмечается явное напряжение в деятельности центральной нервной и сердечно-сосудистой системы. Наступают снижение иммунобиологической реактивности организма, оксигенация крови во время пробы с задержкой дыхания, изменения максимального и минимального артериального давления.

Обратный переход из тропиков в зону умеренных широт сопровождается резким снижением температуры кожи, увеличением глубины слоя с понижением температуры и снижением лабильности кровеносных сосудов кожи.

Особое значение приобретают реакции приспособления людей, живущих на островной суше в условиях тропического муссонного климата. Тропический муссон ослабляет действие высоких температур внешней среды, но сопровождается дождями и высокой влажностью. Из-за нарушения функции потоотделения в этот период ослабляется и затрудняется терморегуляция. В результате возрастает нагрузка на сердечно – сосудистую и другие авторегулирующие системы.

Внетропический муссон не сопровождается частыми жаркими погодами, но жители, проживающие в таких климатических условиях (например, южное побережье Дальнего Востока и юго-востока Азии, Япония), подвергаются в течение года противоположно направленным типам акклиматизации, сообразно климатической структуре зимнего или летнего муссона.

В период зимнего холодного муссона усиливается основной обмен веществ, несколько повышаются температура тела и потребление кислорода, тонус нервной системы и кровеносных сосудов, артериальное давление, кроветворение. Наоборот, в летний муссон соответственно основной обмен и потребление кислорода, тонус кровеносных сосудов, артериальное давление понижаются.

Одной из специфических черт морских климатов является химический состав морского воздуха. Если учесть, что взрослый человек в спокойном состоянии вдыхает за сутки около 15 м3 воздуха, то, очевидно, что в период приспособления человеческого организма к влиянию свойств морского воздуха существенное значение имеют естественные ингаляции морских аэрозолей.

Опыт длительных морских экспедиций и путешествий показывает, что непрерывное пребывание на море, вблизи него, особенно при штормовой погоде приводит к биохимическим и физиологическим изменениям в организме, которые наиболее значимо проявляются в первые дни и недели. В это время усиливается водный и солевой обмен, повышается гидрофильность тканей, организм обогащается йодом и бромом, интенсифицируется фосфорно-кальциевый обмен, что имеет жизненно важное значение.

Под влиянием морского освежающего бриза, повышается тонус скелетных мышц, увеличивается легочная проходимость, дыхательный объем легких, усиливается газообмен с последующим повышением утилизации кислорода тканями.

Берега морей умеренного и жаркого климата являются местами наибольшей концентрации проживания населения и часто используются для отдыха, лечения и туризма.

**Литература**

Адаменко В.Н., Хайруллин К.Ш. Оценка условий пребывания человека на открытом воздухе зимой с учетом микроклимата застройки // Труды ГГО. 1969. Вып. 248. С.74-81.

Айзенштат Б.А. Оценки радиационного влияния различных элементов городской среды на тепловое состояние человека для целей градостроительства // Строительная климатология. М.: Стройиздат, 1987. С.66-71.

Анапольская Л.Е., Гандин Л. С. Метеорологические факторы теплового режима зданий. Л., Гидрометеоиздат, 1973. 239 с.

Бутьева И.В., Швейнова Т.Г. Методические вопросы интегрального анализа медико-климатических условий // Комплексные биоклиматические исследования. М. 1988. С.97-108.

Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. СПб. 1993. 90 с.

Данилова Н.А. Природа и наше здоровье. – М.: Мысль, 1977. – 230 с.

Заварина М.В. Строительная климатология. - Л., Гидрометеоиздат, 1976.

Исаев А.А. Прикладная климатология. М.: МГУ, 1989. 88 с.

Исаев А.А. Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2003. – 750 c.

Кандрор И.С., Демина Д.М., Ратнер Е.М. Физиологические принципы санитарно-климатического районирования территории СССР. М. 1974. 175 с.

Келлер А.А., Кувакин В.Н. Медицинская экология. СПб.: Petroc, 1998. 256 с.

Лиопо Т. Н., Циценко Г. В. Тепловое состояние человека и климатические условия. Л., Гидрометеоиздат, 1971. 150 с.

Марьин В.К., Усманов В.В., Питулин А.И. Экологический мониторинг производственной и окружающей среды. – Пенза: ПТИ, 1997. – 106 с.

Наровлянский Г. Я. Авиационная климатология. Л., Гидрометеоиздат, 1968. 267 с.

Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1982. – 786 с.

Пивоварова З.И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства. Л., Гидрометеоиздат, 1973. 128 с.

Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 424 с.

Смит К. Основы прикладной климатологии. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1978.

Справочное пособие к СНиП: строительная климатология. М.: Стройиздат, 1990. 88 с.

Строительные нормы и правила отопления, вентиляция и кондиционирование. М.: Госстрой СССР, 1987. С.18-53.

Хайруллин К.Ш. Методика оценки зимних погодных условий дискомфортных для человека // Труды ГГО. 1972. Вып. 303.

Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. С.121-132.

Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2005. – 490 с.

Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М., Наука, 1976.

Чирков Ю.И. Основы агрометеорологии. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982.

Шталь В.А., Белов Н.Ф., Циценко Г.В. Прикладная климатология. Л., 1981.

Яковлев С.В. и др. Рациональное использование природных ресурсов. М., 1991. – 186 с.

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Стр |
| Введение |  | 4 |
| **Глава 1. Предмет, метод и задачи прикладной климатологии** |  | 5 |
| *1.1. Предмет и состав прикладной климатологии* |  | 5 |
| *1.2. Основные задачи прикладной климатологии* |  | 6 |
| *1.3. Связь прикладной климатологии с другими науками* |  | 8 |
| **Глава 2. История прикладной климатологии** |  | 9 |
| Глава 3. Метеорологическое и климатическое обеспечение экономики |  | 15 |
| *3.1. Метеорологическая информационная сеть* |  | 15 |
| *3.2. Основные виды метеорологической информации, используемой в народном хозяйстве* |  | 17 |
| *3.3. Прогностическая информация* |  | 20 |
| *3.4. Характеристика метеорологического обеспечения народного хозяйства* |  | 25 |
| *3.5. Положения специализированного метеорологического обеспечения* |  | 26 |
| *3.6. Специализированное метеорологическое обеспечение* |  | 27 |
| *3.7. Краткие сведения о службе погоды* |  | 31 |
| **Глава 4. Строительная климатология** |  | 32 |
| *4.1. Учет влияния климатических условий при планировке зданий, сооружений и населенных пунктов* |  | 33 |
| *4.2 Учет климатических условий при строительстве и эксплуатации жилищ и объектов* |  | 39 |
| *4.3. Метеорологические нагрузки на сооружения* |  | 56 |
| *4.4. Особенности исследований, связанных с получением показателей для строительных норм и правил* |  | 67 |
| **Глава 5. Авиационная климатология** |  | 69 |
| *5.1. Особенности и задачи авиационной климатологии* |  | 69 |
| *5.2 Влияние климатических условий на деятельность авиации* |  | 70 |
| *5.3. Обеспечение авиации климатическими данными* |  | 79 |
| *5.4. Содержание авиационно-климатического описания района аэропорта и авиатрассы* |  | 81 |
| *5.5. Обработка наблюдений применительно к требованиям авиации* |  | 87 |
| **Глава 6. Влияние метеорологических факторов на технические изделия и механизмы** |  | 102 |
| **Глава 7. Транспортная климатология** |  | 113 |
| **Глава 8. Метеорологическое обеспечение других отраслей экономики** |  | 127 |
| **Глава 9. Биоклиматология и экологическая климатология** |  | 143 |
| *9.1. Понятие о тепловом балансе человека* |  | 143 |
| *9.2 Уравнение радиационного баланса тела человека* |  | 157 |
| *9.3. Биоклиматические индексы* |  | 162 |
| *9.4. Медицинская климатология* |  | 169 |
| *9.5 Расово-морфофизиологические признаки и расселение* |  | 175 |
| *9.6. Акклиматизация и адаптация* |  | 183 |
| Литература |  | 209 |